¿Aún estamos a tiempo para el 1.5° C?

Voces y Visiones sobre El Reporte Especial del IPCC

José Clemente Rueda Abad
Editor

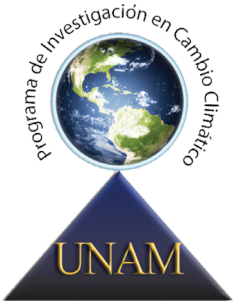
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C?

Voces y Visiones sobre el Reporte Especial del IPCC

José Clemente Rueda Abad

Editor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

MÉXICO, 2019

Esta obra ha sido sometida al arbitraje de pares académicos

¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C?

Voces y Visiones sobre el Reporte Especial del IPCC

ISBN DE LA OBRA: 978-607-30-2099-2

Universidad Nacional Autónoma De México
Programa de Investigación en Cambio Climático

Editor:
José Clemente Rueda Abad

Portada, formación y diseño editorial:
Uziel Soriano Flores

D.R. © 2019 Programa de Investigación en Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México
Primera Edición

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta libro pueden ser reproducidos o transmitida de cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluye el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin la autorización por escrito del editor

Publicación realizada en formato digital para ser distribuida en el sitio de internet
www.pincc.unam.mx
Formato electrónico: PDF

Índice

Introducción 11

Capítulo 1

EVOLUCIÓN DE LAS NEGOCIACIONES CLIMÁTICAS: DEL ACUERDO DE PARÍS AL REPORTE 1.5°C DEL IPCC 21

Ruth Zavala Hernández

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS UNAM

Capítulo 2

CÓMO LAS POLÍTICAS DE MITIGACIÓN DEL MECANISMO DE COOPERACIÓN ECONÓMICA DE ASIA-PACÍFICO (APEC) CONTRIBUYEN A ALCANZAR LA META DE 1.5ºC 35

Antonina Ivanova Boncheva y Ana Bertha Cuevas Tello

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Capítulo 3

CAMINOS PARALELOS: DIVISIÓN METODOLÓGICA ENTRE LAS NEGOCIACIONES INTERNACIONALES DE CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ECONOMÍA CLIMÁTICA. 51

Bernardo Bastien-Olvera, Hiram Carreño-Najera, y Francisco Estrada Porrúa

UC DAVIS

UNIVERSIDAD DE SUSSEX, UK

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA UNAM

Capítulo 4

LA MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO EN EL SECTOR HIDROCARBUROS: LA MEDIDA AUSENTE DEL REPORTE DEL IPCC SOBRE LAS CONSECUENCIAS DE UN AUMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL DE 1.5°C 67

Maxime Le Bail, Daniel Zavala-Araiza y Ana María Gómez Solares

AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE

Capítulo 5

REFLEXIÓN A VUELO DE PÁJARO: LAS CIUDADES A 1.5 ºC: ¿VISIÓN TECNÓCRATA O TRANSICIÓN OPORTUNA DE EQUIDAD SOCIAL? 83

Jorge Escandón Calderón.

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

UNAM

Capítulo 6

BIOENERGÍA Y CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO: UN ESPEJISMO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA JUSTICIA ENERGÉTICA 103

Marisol Anglés Hernández y María de las Nieves Carbonell León

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS

UNAM

Capítulo 7

LA INTEGRACIÓN DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS A LA POLÍTICA INTERNACIONAL CLIMÁTICA: UN RETO DE EQUIDAD 121

Israel Solorio, Ixchel Guzmán y Claudia Ros

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES UNAM

Capítulo 8

BIENES COMUNES Y BIEN COMÚN EN EL URBANISMO. LA CONTRIBUCIÓN DE LA COLABORACIÓN EN EL CUIDADO Y LA REGENERACIÓN DE BIENES COMUNES A LA SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES 137

Teresa Parejo-Navajas

COLUMBIA UNIVERSITY

Capítulo 9

RETOS EN LA SALUD HUMANA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Ana Rosa Moreno Sánchez 161

FACULTAD DE MEDICINA UNAM

Capítulo 10

LOS IMPACTOS EMOCIONALES DEL REPORTE ESPECIAL DEL IPCC

Alice Poma 177

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES UNAM

Capítulo 11

LA REINTERPRETACIÓN DE ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS COMO RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Celeste Cedillo González 197

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

Capítulo 12

EL ESTRÉS HÍDRICO A 1.5^{0}C EN TERRITORIOS COSTEROS: EL SISTEMA LAGUNARIO DEL RÍO TAMESÍ COMO ESTUDIO DE CASO.

Rocío del Carmen Vargas Castilleja, Gerardo Sánchez Torres Esqueda y Julio Cesar Rolón Aguilar 209

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS

INGENIEROS SIN FRONTERAS A.C.

Capítulo 13

LIMITANDO EL CALENTAMIENTO GLOBAL A 1.5ºC Y SUS BENEFICIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA: LA NECESIDAD DE UNA REFLEXIÓN A NIVEL LOCAL

Fabiola S. Sosa-Rodríguez 225

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA AZCAPOTZALCO

Capítulo 14

RETOS Y DESAFÍOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SIGLO XXI: UNA PERSPECTIVA BIOCULTURAL Y DE GOBERNANZA.

Benjamín Ortiz Espejel y Guadalupe Azuara García 247

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Capítulo 15

CONTRIBUCIONES EDUCATIVAS PARA UN CAMBIO PARADIGMÁTICO CULTURAL ANTE LOS RIESGOS DE LA ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA EN 1.5°C

Esperanza Terrón Amigón y María Silvia Sánchez Cortés 261

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Capítulo 16

¿PODREMOS HACER ALGO? REFLEXIONES FILOSÓFICAS SOBRE LA HISTORICIDAD Y POSIBILIDAD DE LA ACCIÓN HUMANA FRENTE A LA CATÁSTROFE CLIMÁTICA

Luis Fernández Carril 279

TEC DE MONTERREY CCM/ UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

Capítulo 17

METAMORFOSIS, CATÁSTROFE Y RIESGO EN EL ANTROPOCENO.

Juan Antonio Le Clercq Ortega 297

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

Capítulo 18

UNA PERSPECTIVA REALISTA SOBRE EL COMBATE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Gustavo Sadot Sosa Núñez 313

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DOCTOR JOSÉ MARÍA LUIS MORA

Capítulo 19

LA HABITABILIDAD HUMANA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO

Sandro Cervantes Núñez y Carlos Gay García

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA 325

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO UNAM

Capítulo 20

LAS FALACIAS DE LA GEOINGENIERÍA PARA PRESERVAR EL CAPITALISMO Y SU CONSECUENTE DESIGUALDAD

Antonio Sarmiento Galán 355

INSTITUTO DE MATEMÁTICAS UNAM

Capítulo 21

EL LABORATORIO CLIMÁTICO DE LA MODERNIDAD INSUSTENTABLE.

José Clemente Rueda Abad y Claudia Tatiana Peña Ledón

PROGRAMA DE INVESTIGACION EN CAMBIO CLIMÁTICO 367

UNAM

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Capítulo 22

HACIA UN SISTEMA ELÉCTRICO EN MÉXICO PARA NO REBASAR 1.5 °C DE CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Jorge M. Islas Samperio y Genice K. Grande Acosta 387

INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

UNAM

Capítulo 23

LOS DESAFÍOS Y ACCIONES ESTATALES ANTE UN ESCENARIO DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE 1.5 °C. CASO DE ESTUDIO: CHIHUAHUA 409

Esmeralda Cervantes Rendón

EL COLEGIO DE CHIHUAHUA

Capítulo 24

VALORACIÓN DEL IMPACTO CLIMÁTICO EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DE LA FRONTERA NORTE DE MÉXICO

Liliana Rivera-Lozano, Felipe Adrián Vázquez-Gálvez y 425

Alfredo Granados-Olivas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Capítulo 25

PANORAMA DE LA VULNERABILIDAD DE LOS MUNICIPIOS DE MÉXICO. ANTE EL AUMENTO GLOBAL DE 1.5°C

María de Lourdes Maldonado Méndez y Alejandro Ismael Monterroso Rivas 441

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Capítulo 26

ESTRATEGIAS DE VINCULACIÓN PARA GENERAR RESILIENCIA COSTERA: RETOS Y PERSPECTIVAS DEL SURESTE DE MÉXICO ANTE LOS COMPROMISOS DEL IPCC

Emma Alonzo Marrufo, Lilia Gama Campillo y Daniel Pech Pool 449

CINVESTAV-MÉRIDA

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA TABASCO

EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR, CAMPECHE

Capítulo 27

SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO EN CONTEXTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL DE 1.5°C

Vanessa Lisbeth Morán-Villa, Alejandro Ismael Monterroso-Rivas y Jesús David Gómez-Díaz 461

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Capítulo 28

HACIA UN LABORATORIO DE DATOS CALIENTES PARA UN CLIMA CALIENTE; UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

Hans Dieleman 475

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Sobre los autores 489

INTRODUCCIÓN

Durante la 24ª Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, bajo el liderazgo de la Unión Europea, resurgió la Coalición por la Gran Ambición que durante la COP21 hizo posible la creación del Acuerdo de París –- esta Coalición intentó durante el proceso de negociaciones en Katowice, Polonia que los países incrementarán voluntariamente sus nivel de ambición en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el nivel que sugiere el Reporte Especial de elevación de la temperatura del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU (IPCC, por sus siglas en inglés) que fue dado a conocer el 8 de octubre de 2018. Sin embargo, esto no fue posible por lo que la Coalición, al final del evento en Polonia, hizo un llamado a la comunidad internacional para que en la apertura de sesiones de la Asamblea General de la ONU programada para septiembre de 2019, -y que estará dedicada al tema de cambio climático- los países de manera voluntaria incrementen su nivel de ambición.

De hecho, meses antes de la celebración de la COP24, ya se sabía que el tema central de la Asamblea General de Naciones Unidas estaría al cambio climático porque Antonio Guterres ya había sido designado por como su Comisionado especial para dicha tarea el Embajador mexicano Luis Alfonso de Alba y Góngora y en éste momento, la sesión y sus alcances se encuentran en proceso de construcción.

Desde esta lógica, es a todos los países del orbe a los que se les ha hecho un llamado de atención porque aunque la inmensa mayoría de ellos se han comprometido a implementar sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas, éstas no serán suficientes para lograr la descarbonización económica en el ritmo y alcance que sugiere la ciencia del clima. Sin embargo, también es necesario mencionar, que este llamado se enfoca solamente a los gobiernos nacionales y deja de lado a otros actores que son reconocidos en El Acuerdo de París, como son los gobiernos subnacionales y al sector empresarial, muchos de los cuales ya han comenzado a establecer sus objetivos de reducción de emisiones a través de la plataforma NAZCA, el Under2MoU y los Diálogos de Talanoa.

El fondo del asunto estriba en que el sistema transnacional ha impulsado un proceso de opinión pública que busca imponer un punto de vista al respecto del futuro del clima mundial; ya que la idea de que se pueda controlar la temperatura media en 2°C es fruto de una decisión política tomada en la COP15 y colocada en los Acuerdos de Cancún en la COP16 y también es el centro de los resultados de la COP21, pero ahí se dice que si puede ser menor a 2°C será mejor.

En ese sentido, es oportuno mencionar que el Quinto Reporte de Evaluación del IPCC, publicado en el 2013-2014, señalaba que conseguir el objetivo del umbral de temperatura de Los Acuerdos de Cancún, eran técnicamente imposibles de conseguir y que los más oportuno era centrar la discusión en temperaturas que oscilaran entre los 3 y los 4°C.

Por su parte, lo que dice el Reporte Especial del IPCC sobre la elevación de la temperatura es que ésta, es un hecho probado y que su causal es la influencia humana en el sistema climático; que los impactos del cambio climático se pueden documentar en todas las regiones del mundo y en todos los sectores productivos; por ello sugiere implementar acciones drásticas en la demanda y consumo de energía y ello conlleva un cambio sustantivo en las prácticas y consumos generalizados en el que, para lograrlo, todos los habitantes del planeta, a través de esquema de gobernanza, pueden participar. Evidentemente, los escenarios climáticos en 2°C son peores que si se controla la temperatura en 1.5°C.

Es necesario decir, que el diferencial de estadístico entre un rango y otro (incertidumbre estadística) es técnicamente imperceptible, lo cual hace que la argumentación en términos matemático no sea suficiente para suponer que es mejor una cosa que la otra. Incluso, lo que debe quedar claro es que se está apostando por controlar la temperatura, dando por hecho que el planeta se seguirá calentando, lo cual significa que no se está resolviendo el problema del cambio climático, sino que sólo se está colocando un umbral en el que la humanidad estaría confortable.

El hecho más relevante (el centro del mensaje del Reporte) es que el umbral de la elevación de la temperatura -el 1.5°C- llegará en poco tiempo –en el año 2040- y que llegaremos a los 2°C aproximadamente en el año 2060. Desde la lógica del IPCC, si la reducción de emisiones se intensifica, es posible que se pueda lograr el objetivo, por lo que se entiende que, cuando menos teóricamente, el control de la temperatura es físicamente posible.

¿Cuán probable es que pueda lograrse? Esa respuesta no depende sólo de la modelación climática, sino que depende de factores políticos, a inversiones financieras, de la apertura y consolidación del mercado de las energías alternativas a escala global, de impulsar estrategias de eficiencia energética, incluso al proceso de investigación de la geoingeniería para explorar la mayor cantidad de opciones como la captura de carbono atmosférico.

Con el conjunto de elementos previamente reseñados, y considerando la importancia de las decisiones tomadas en los procesos de negociación multilateral del clima, esta obra compila un conjunto de visiones y procesos de reflexión académicos sobre las implicaciones y los retos que supone para México, y la comunidad internacional este proceso de elevación de la temperatura media global en el rango descrito por el Reporte Especial de la elevación de la temperatura del IPCC.

El capítulo que abre esta obra se denomina *Evolución de las negociaciones climáticas: del Acuerdo de París al Reporte 1.5°C del IPCC.* En este capítulo se analiza la modificación la arquitectura climática internacional que ha pasado de la regulación jerárquica (en el que se privilegió el papel del estado como el actor principal en la toma de decisiones) a otro esquema que cuenta con un enfoque de bottom-up. Por ello, es indispensable pensar en esquemas de gobernanza global que sirvan para ponderar la confluencia entre actores públicos y privados para llegar a decisiones más incluyentes y, posiblemente, con resultados más efectivos.

El capítulo 2, se denomina *Cómo las políticas de mitigación del Mecanismo de*

Cooperación Económica de Asia-Pacífico (APEC) contribuyen a alcanzar la meta de 1.5ºC, en este capítulo las autoras señalan que ante el constante deterioro ambiental en los últimos años y el impacto negativo que ha tenido el progresivo aumento de la temperatura mundial en el medioambiente, la población y el crecimiento económico, alarma el hecho de que existe evidencia científica que indica que el aumento de 1.5ºC se alcanzará entre 2030 y 2052 si la temperatura continúa aumentando a su ritmo actual. Para evitar daños irreversibles se hace un exhorto a la comunidad internacional a sumar esfuerzos para evitar futuros incrementos de la temperatura. En eses sentido, conscientes de que el cambio climático encabeza uno de los retos de la seguridad mundial y que la resolución del problema se distribuye entre los actores internacionales (como el APEC) que voluntariamente han decidido participar en el régimen climático internacional, es necesario saber ¿cuál ha sido el esfuerzo del APEC en cuanto a las cuestiones ambientales? y ¿cuáles son las principales contribuciones de la región en cuanto a la acción climática? Y una de sus conclusiones principales es que en la mencionada región, como en otras partes del mundo, en APEC los beneficios económicos van por delante de los ambientales, lo cual implica redoblar esfuerzos entre los países que conforman dicha región.

El capítulo 3, se llama *Caminos paralelos: división metodológica entre las negociaciones internacionales de cambio climático y la economía climática.* Los autores de este capítulo señalan que en 2018 se presentaron dos eventos relevantes en este ámbito de la ciencia climática: el Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático que propone una meta de 1.5°C; y el anuncio de William Nordhaus como ganador del Premio Nobel de Economía, cuyo modelo de evaluación integrada del cambio climático -DICE- encuentra una temperatura óptima de 4.1°C hacia finales del presente siglo. El capítulo analiza los caminos mediante los que ambas vertientes han llegado a sus respectivas estimaciones. Se enfatiza que las fortalezas y debilidades de cada enfoque derivan de las premisas y objetivos que los caracterizan, lo cual además los posiciona como caminos aparentemente contrastantes. Sin embargo, la motivación detrás de ellos es en esencia la misma, por lo que deben ser entendidos como complementos.

El capítulo 4, se denomina *La mitigación de las emisiones de metano en el sector hidrocarburos: la medida ausente del Reporte del IPCC sobre las consecuencias de un aumento de la temperatura media global de 1.5°C*. En este capítulo se precisa que el informe especial del IPCC destaca la importancia de realizar reducciones profundas en las emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta, en particular el metano, toda vez que ello permitirá obtener resultados muy favorables a corto plazo. Este capítulo presenta la importancia de reducir las emisiones de metano a lo largo de la cadena de valor del sector hidrocarburos, se analiza la regulación mexicana publicada al respecto y, finalmente, reflexiona sobre los retos de su implementación.

El capítulo 5 que lleva por título *Reflexión a vuelo de pájaro: las ciudades a 1.5°C: ¿visión tecnócrata o transición oportuna de equidad social?,* revisa las implicaciones de la Meta de 1.5 °C del Acuerdo de París en contextos urbanos. Se precisa que los sistemas urbanos pueden aprovechar la mega tendencia de urbanización y el creciente compromiso subnacional hacia ciudades inteligentes, verdes, resilientes, sostenibles y adaptativas, para el tipo de cambio transformador requerido por vías consistentes para

1.5 °C. Esto también implica que las ciudades en vez de ser espacios de desigualdades extremas, se consoliden como ciudades democráticas, con participación social activa y sobretodo con elementos de justicia social.

El capítulo 6, se llama *Bioenergía y captura y almacenamiento de carbono: un espejismo frente al cambio climático y la justicia energética***,** en él se señala que una de las estrategias sugeridas por el IPCC en su reporte especial publicado en octubre de 2018 es la utilización de tecnologías de remoción de bióxido de carbono, como la de bioenergía acoplada con captura y almacenamiento de carbono. Por ello, el capítulo explora sobre algunos de los problemas y desafíos del desarrollo de esta tecnología a partir de describir y analizar su complejidad, factibilidad, incertidumbres y los potenciales impactos y riesgos socioambientales implicados, ello a la luz de la teoría de la justicia energética y del principio precautorio.

El séptimo capítulo de esta obra, se denomina *La integración de los pueblos indígenas a la política internacional climática: un reto de equidad* este capítulo realiza un análisis sobre uno de los grupos más vulnerables al cambio climático: los pueblos indígenas. Estos grupos no cuentan con representatividad en los foros internacionales de política climática. Lo anterior, lleva a la necesidad de repensar la gobernanza climática para otorgar mayor fuerza a las voces de quienes más padecen los impactos del cambio climático. Por lo tanto, el propósito de este capítulo es reflexionar en la forma en que la injusticia climática afecta a los pueblos indígenas y los retos para su integración en la política internacional del clima a través de tres ejes centrales: la injusticia distributiva, procedimental y epistémica. Este capítulo concluye que, para realmente lograr la equidad distributiva y procedimental, es necesario otorgar a los pueblos indígenas la capacidad de acción en el proceso de toma de decisiones y diseño de políticas climáticas que conciernen a sus territorios.

El capítulo 8, denominado *Bienes comunes y bien común en el urbanismo. La contribución de la colaboración en el cuidado y la regeneración de bienes comunes a la sostenibilidad de las ciudades,* señala que no existe un modelo único de ciudad en el mundo. Cada una presenta sus características propias y problemas en función de su estructura y nivel de desarrollo económico, composición social, cifra de población, estructura y situación demográfica, cultura, sistema jurídico e institucional y política general. Por ello, los bienes comunes pueden ser considerados como una estrategia que permita operar, como elementos esenciales en la consecución del fin –el bien común- propio del urbanismo, en tanto que pueden ser aptos para contribuir decisivamente a la realización de los objetivos de sostenibilidad de las ciudades de la Agenda 2030 otorgando el protagonismo que el neoliberalismo ha arrebatado a los ciudadanos sin ofrecerles, a cambio, soluciones que garanticen su bienestar.

El noveno capítulo se denomina *Retos en la salud humana ante el cambio climático* y en él se reconoce que los principales riesgos a la salud son enfermedades transmitidas por vector, infecciones por agua y alimentos, eventos extremos, seguridad alimentaria y contaminación atmosférica. Se pronostica se intensifiquen los impactos en salud, siendo los factores socioeconómicos los que determinen la magnitud y el patrón de riesgos. Por ello, en este capítulo se hace un llamado para empoderar al sector salud ante el desafío del cambio climático a través del trabajo intersectorial, apoyo a la investigación para la adaptación y mitigación con co-beneficios de salud y la

disponibilidad de recursos económicos, tecnológicos y humanos.

En el capítulo 10 de este libro, explora un tema que ha sido poco estudiado, por lo que incluye un proceso analítico diferente, y da cuenta de los resultados preliminares de un proyecto de investigación, que se encuentra en fase de desarrollo dentro de la UNAM, y se denomina: *Los impactos emocionales del reporte especial del IPCC*, con dicha consideración el capítulo contiene una reflexión sobre una dimensión infravalorada del cambio climático: su impacto emocional y el papel de las emociones en la respuesta al mismo. Para ello, se presentan los principales avances acerca de la comprensión de la dimensión emocional del cambio climático, basada en revisión de literatura psicológica y sociológica. Posteriormente, se desarrolla un análisis de los impactos emocionales del Reporte Especial que se fundamentó en los resultados de una discusión con estudiantes en la UNAM.

El capítulo 11 de esta obra se denomina: *La reinterpretación de zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas como respuesta al cambio climático. La autora de este capítulo señala que* el cambio climático nos obliga a replantearnos modelos de política pública de conservación que deben ser actualizados frente a los riesgos que se pronostican. Por ello, se propone un modelo para la reinterpretación de las zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas (ANP), en específico para parques nacionales en México, como una respuesta a la acción conjunta que se requiere a nivel global. El modelo propuesto tiene por objeto integrar elementos del enfoque geográfico a la concepción de gobernanza ambiental ya que esto permitiría alcanzar mayor coordinación entre políticas de conservación de la biodiversidad a nivel regional o a nivel de unidad ambiental, una organización y mejora de procesos de concertación, mejor coordinación de estrategias y recomendaciones por parte de la sociedad civil, mayor acompañamiento de los procedimientos, así como la simplificación del intercambio y el uso compartido de la información existente.

El capítulo 12, lleva por título: *El estrés hídrico a 1.5^{0}c en territorios costeros: el sistema lagunario del Río Tamesí como estudio de caso.* En este capítulo se analiza la situación que guarda actualmente la disponibilidad del agua en el Sistema Lagunario del Río Tamesí (SLRT), como única fuente de suministro de agua potable para la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz en México, y los impactos que pueden tener en esa disponibilidad del agua más los problemas ambientales que actualmente se presentan en la zona en combinación con los impactos del cambio climático. El capítulo concluye que los problemas ambientales actuales más los impactos del cambio climático, tendrán un impacto negativo en la disponibilidad del agua y en el incremento de la vulnerabilidad de la población de la zona conurbada para los próximos 15 a 20 años.

El capítulo 13, que también está dedicado a cuestiones hídricas, se denomina *Limitando el calentamiento global a 1.5ºC y sus beneficios en la disponibilidad del agua: la necesidad de una reflexión a nivel local*. En el capítulo, en un primer momento, se reflexiona sobre la situación actual del cambio climático en el mundo, identificando a los principales generadores de GEI y las tendencias actuales en materia de mitigación. En segundo lugar, analiza las contribuciones que tendría limitar el calentamiento global a 1.5°C para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas, de la población y las actividades económicas, así como de las ciudades. Asimismo, se

discuten las implicaciones de los esfuerzos que se tendrían que realizar por los países para alcanzar este objetivo. Finalmente, se evalúa como limitar el calentamiento global a 1.5°C reduce los niveles de vulnerabilidad a nivel local, en particular al reducir los impactos esperados de este fenómeno en la disponibilidad del agua para los diferentes usuarios, utilizando como caso de estudio la Cuenca del Valle de México, la cual es la región identificada como la más vulnerable a los impactos del cambio climático en México.

El capítulo 14, se llama *Retos y desafíos del cambio climático en el Siglo XXI: una perspectiva biocultural y de gobernanza*. En éste, los autores proponen plantear el reto del diseño de políticas públicas y de la gobernanza ante el cambio climático, desde la perspectiva de la bioculturalidad, esto es, desde el reconocimiento de los derechos, saberes y prácticas de los pueblos originarios y campesinos de México, quienes en diversas formas, han mantenido por largo tiempo un contacto directo en convivencia y apropiación sustentable de los ecosistemas. Esto implica una profunda sabiduría en la observación de los ciclos de la naturaleza, el clima incluido, que constituye un reservorio de prácticas y estrategias ignoradas o poco valoradas. Así mismo, está documentada la relevancia que tienen los territorios indígenas en materia de seguridad hídrica, biológica, alimentaria y climática. Importa señalar que, paradójicamente, este sector social, debido a su estado de marginación socio-económica generalizado a nivel nacional, ha sido clasificado como el sector de mayor vulnerabilidad climática.

Otra área de reciente exploración en nuestro país es la educativa, por ello el capítulo 15, se denomina *Contribuciones educativas para un cambio paradigmático cultural ante los riesgos de la elevación de la temperatura en 1.5°C.* En el capítulo se plantea qué tipo de educación se necesita para afrontar el problema del cambio climático. La propuesta surge de procesos de investigación que las autoras han estado realizando con estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional y con profesores de educación primaria de la ciudad de México y de una comunidad indígena de Chiapas, sobre las representaciones sociales del cambio climático y el papel de la educación ambiental desde un enfoque crítico.

El capítulo número 16 de esta obra da entrada a un área propia de la filosofía de la ciencia y se denomina ¿Podremos hacer algo? Reflexiones filosóficas sobre la historicidad y posibilidad de la acción humana frente a la catástrofe climática. El centro de éste capítulo se ubica en cuestionar algunos de los contenidos del Reporte Especial del IPCC del 2018 y por ello, nos dice el autor es importante preguntarnos: ¿Los cambios requeridos implican cambiar al ser humano? Y aún de forma más importante podemos preguntar ¿Podemos hacer algo al respecto? ¿Podemos cambiarnos a nosotros mismos? Preguntarnos por la posibilidad de hacer es preguntarnos por la naturaleza misma del ser humano. Puesto que en la posmodernidad se rechaza toda noción de naturaleza/esencia humana, quedan dos caminos por recorrer: su historicidad y su libertad. En el capítulo se exploran ambas perspectivas para intentar das respuesta a la situación expuesta.

Por su parte el capítulo 17 se intitula: *Metamorfosis, catástrofe y riesgo en el antropoceno,* y presenta un análisis basado en la lectura de Ulrich Beck. En el capítulo se discuten las implicaciones del Antropoceno entendido como un escenario de cambio catastrófico en gran escala para las sociedades humanas. Esta transformación,

la entrada en la época del cambio catastrófico, obliga a las sociedades humanas a replantear algunos supuestos centrales del pensar y hacer la política y es un llamado a reformular los fundamentos institucionales para la toma de decisiones ante el cambio climático.

El capítulo 18 se denomina: *Una perspectiva realista sobre el combate al cambio climático.* En el capítulo, *lo* primero que hace el autor es responder a la pregunta que origina y da nombre a este volumen, y en ese sentido su respuesta es que no, que como humanidad ya no estamos a tiempo, que éste se nos ha ido de las manos, aun así, dice el autor el problema radica en la insistencia a continuar el desarrollo en base a los combustibles fósiles y a ralentizar la transición energética a renovables, a pesar de los discursos en dirección contraria, y aunado a la indiferencia al tema por parte de la población en general. En ese sentido, puede entenderse que el cambio climático no es prioridad para la gran mayoría de los gobiernos y las sociedades, aun cuando se reconoce el tema y está en la agenda global. Ante esto, deberán impulsarse las estrategias de adaptación al cambio climático desde un enfoque de seguridad nacional.

El capítulo 19 presenta uno de los temas que en el futuro deberán comenzar a plantearse más en el contexto climático y que en este momento se encuentra más desarrollado en el ámbito de la exobiología, pero que sin duda deberá comenzar a ser planteado como una alternativa de futuro, sobre todo si las tendencias actuales de emisiones y elevación de la temperatura no se modifican. Este capítulo, se denomina *La habitabilidad humana ante el cambio climático antropogénico.* En esta contribución se señala que la degradación ambiental y el cambio climático antrópico están afectando la habitabilidad taxonómica, de decenas a cientos de miles de especies. Además, se proyecta que el cambio climático incrementará sus efectos, e interacciones y retroalimentaciones con la degradación ambiental por lo que estamos en un momento decisivo de la historia humana, pero es necesaria la voluntad para actuar de manera inmediata.

El capítulo 20, que se denomina, *Las falacias de la geoingeniería para preservar el capitalismo y su consecuente desigualdad*; al igual que el previo se encuentra en un área de frontera académica, ya que en este caso se discute sobre procesos que están anunciados en el Reporte Especial del IPCC, pero que se trata de un área que aún no se consolida. El autor, es crítico con el mencionado reporte porque argumenta que nunca se había publicado un reporte del IPCC tan inconsistente como el que considera la posibilidad de estabilizar el calentamiento de la Tierra en 1.5°C por arriba de la temperatura preindustrial. A pesar de que se reconoce explícitamente que es posible lograr el objetivo sin recurrir a las tecnologías propuestas por la geoingeniería (es la interferencia del hombre en el balance energético terrestre con el objetivo de contrarrestar, al menos parcialmente, el calentamiento global antropogénico) -muchas de ellas aun en desarrollo y a escala experimental– dichas tecnologías son incluidas en los escenarios considerados porque se piensa que seremos capaces de seguir quemando combustibles fósiles, rebasar cualquier límite a las emisiones sin importar los riesgos asociados y luego intentar remediar los daños causados mediante la recuperación de las emisiones excesivas. En este capítulo se describen tales inconsistencias, se mencionan algunas de las razones por las que la conducta criminal resulta obvia y se recuerdan las alternativas que constituyen soluciones permanentes.

El capítulo 21 de esta obra se denomina *El laboratorio climático de la modernidad insustentable.* En él, los autores haciendo un ejercicio de sociología política, señalan que el discurso científico y político del cambio climático ha creado y moldeado a la opinión pública mundial para que imaginario colectivo glocalizado tenga la imagen de un mundo social que, según los escenarios climáticos, está al borde del colapso sistémico antes de que finalice el presente siglo. En ese sentido, la batalla conceptual entre la idea de la catástrofe versus la administración del riesgo socioclimático derivada de la elevación de la temperatura y la posibilidad de controlarla han convertido al planeta en un laboratorio, en el que si se logra hacerlo, no solo se habrá conseguido un triunfo enorme sobre la naturaleza, porque ello le dará a la humanidad la capacidad para jugar con el clima del mundo; pero si no se logra entonces habremos fallado. En ambos casos, como en un experimento de química aplicada los resultados son solo dos: acierto o error, pero en este experimento está el futuro de la civilización humana actual y futura.

El capítulo 22, se llama: *Hacia un sistema eléctrico en México para no rebasar 1.5°C de cambio climático global.* En este capítulo, los autores construyeron y analizaron un escenario alternativo para el sistema eléctrico mexicano considerando 36 opciones de mitigación de gases de efecto invernadero, sus principales resultados revelan que, en relación a la línea base de GEI, hacia el año 2020 se reduce un 33% las emisiones de GEI mientras que hacia el año 2035 alcanza una reducción drástica de 79%. Además, se genera un beneficio económico global de casi 8,000 millones de dólares (MUSD). Sin embargo, su implementación requiere de una inversión adicional de aproximadamente 2,000 MUSD anuales en 25 años, lo cual constituye el principal reto para lograrlo. Finalmente, se señala, que de acuerdo al modelo, México si podría cumplir con sus metas de reducción de emisiones implementado una estrategia como la que ellos han estudiado.

El capítulo 23, se llama: *Los desafíos y acciones estatales ante un escenario de calentamiento global de 1.5 °C. Caso de estudio: Chihuahua,* en él se considera que la vulnerabilidad del estado se centra básicamente en la disponibilidad y la calidad del agua. En el desarrollo del capítulo se logró identificar los desafíos generados ante un escenario de cambio climático de 1.5 °C y las acciones que se han implementado hasta el momento, para la mitigación y adaptación en el estado de Chihuahua. Se encontraron avances en cuanto a diseño de políticas públicas que hasta el momento se han enfocado en estrategias de mitigación y proyectos como Tarahumara Sustentable, alcanzando un avance en la medición de la situación actual del estado y en la identificación de estrategias de mitigación y adaptación.

El capítulo 24 de esta obra ha sido redactado en forma de artículo académico, se denomina *Valoración del impacto climático en las principales ciudades de la frontera norte de México.* En este trabajo, un grupo de académicos de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez evaluó el impacto del cambio climático para escenarios de forzamiento RCP 4.5 y 8.5 de los siguientes 15 y 100 años en las ciudades de Tijuana, Mexicali, Nogales, Heroica Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo y Heroico Matamoros las cuales están localizadas en la región fronteriza entre México y Estados Unidos. Una de las contribuciones de este capítulo es que se proponen tres estrategias de adaptación que buscan transformar los paradigmas actuales y

encaminar a la comunidad hacia un desarrollo más sustentable, capaz de brindar bienestar y estabilidad económica a largo plazo para toda la región.

El capítulo 25 de este libro, usando el mismo formato de artículo académico, se intitula *Panorama de la vulnerabilidad de los municipios de México. Ante el aumento global de 1.5°C.* Este capítulo señala que aún son poco los trabajos que adviertan los impactos que pudiera causar al país el incremento de la temperatura media global. Menos aún referentes a métodos o directrices de construcción de mediciones de vulnerabilidad actual y futura. El IPCC señala que la vulnerabilidad está determinada por tres dimensiones, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Por lo que en el capítulo se consideraron dichas dimensiones y haciendo un estudio comparativo de los tres elementos y en cinco categorías (muy baja, baja, media, alta y muy alta). Los resultados muestran que poco menos de 300 municipios continuarán siendo muy vulnerables, y podría incrementarse al menos 22 millones de personas en las categorías media, alta y de muy alta vulnerabilidad en el país.

El capítulo 26 de este libro, denominado *Estrategias de vinculación para generar resiliencia costera: retos y perspectivas del sureste de México ante los compromisos del IPCC,* se parte de considerar que el sureste de México es una región catalogada con una alta exposición al potencial al impacto de tormentas y huracanes y con una vulnerabilidad alta a las inundaciones. Sin embargo, en la agenda de México no se ha considerado estrategias locales y regionales que generen información de base para la implementación de los instrumentos y mucho menos se ha trabajado en estrategias de apropiación del conocimiento, fundamental para que la sociedad adopte los instrumentos generados desde las instituciones. En este contexto, se requieren estrategias de vinculación multidisciplinarias e interdisciplinarias que permitan incrementar la resiliencia de la zona costera.

El penúltimo capítulo de esta obra se intitula *Seguridad alimentaria en M*éxico *en contexto del calentamiento global de 1.5°C.* En esta contribución, escrita en formato de artículo, se señala que el aumento de la temperatura atenta contra la seguridad alimentaria. Los resultados muestran evidencia de afectación sobre la producción de alimentos a través de los cultivos por extremos climáticos: falta de precipitación, aumento de temperaturas nocturnas y diurnas, estrés térmico y, por ende, la propagación de plagas y enfermedades. Para el país, y en términos muy generales, alcanzar o rebasar el 1.5°C de temperatura significará la disminución en rendimientos de algunos cultivos así como su correspondiente impacto en términos sociales y económicos.

El capítulo que cierra esta obra, se denomina *Hacia un laboratorio de datos calientes para un clima caliente; una propuesta metodológica* y en él se propone una nueva narrativa para la humanidad, una narrativa que corresponde con el pensamiento sistémico/complejo no-lineal que sirva, metodológicamente para generar datos. La propuesta original ha sido realizada por Nora Bateson, hija del famoso biólogo, antropólogo y cofundador de la cibernética Gregory Bateson. El autor de este capítulo sugiere que el cambio climático, requiere nuevas forma de entenderlo, de contextualizarlo y para ello también se necesita una nueva ciencia. Se trata de una propuesta que busca vincular los contextos, buscar sus interdependencias y así crear un transcontexto, en otras palabras, lo que hace el autor es una provocación intelectual basada, incluso, en sus experiencias personales.

Como el lector podrá darse cuenta, se trata de un volumen que cuenta con la representación de instituciones académicas de México y del extranjero y en el que se puede encontrar un verdadero mosaico de profesiones y áreas de especialización que sirven para mostrar la riqueza analítica del contenido de la obra, lo cual se refleja en el armado general y en el estilo de análisis de cada uno de los textos aquí reunidos.

Incluso se puede colocar un elemento adicional: se trata de una obra que apela a la equidad de género; ya que, poco más de la mitad de las personas que colaboran en esta obra son mujeres, con lo cual se mandan dos mensajes: primero, que en el tema de cambio climático la participación de hombres y mujeres es importante y segundo, que le equidad de género también es relevante en este tipo de trabajos de carácter académico.

Como cualquier producto de investigación, esta obra busca poder servir de insumo para que los lectores tengan un conjunto de análisis y puntos de vista que le ayuden a tener una mayor claridad sobre el mayor reto socioambiental y estructural de nuestro tiempo. Al mismo tiempo, pretende que pueda ser consultado y usado por los tomadores de decisiones de nuestro país en sus tres niveles de gobierno.

Finalmente, como sucede en este tipo de trabajos, es singularmente importante señalar que el contenido de esta obra, no refleja necesariamente el punto de vista del sello editorial que lo publica, y que por ello, la responsabilidad de lo escrito, en cada uno de los capítulos, es responsabilidad única y exclusivamente de cada uno de los participantes en esta obra colectiva.

Capítulo 1

Evolución de las negociaciones climáticas: del Acuerdo de París al Reporte 1.5°C del IPCC

Ruth Zavala Hernández

RESUMEN

El Reporte Especial del IPCC 1.5°C ha significado una nueva llamada de atención para la comunidad internacional sobre la insuficiencia de los compromisos acordados bajo el esquema del Acuerdo de París. La regulación climática a nivel internacional ha transitado por diferentes fases con distintos enfoques y hoy se encuentra fragmentada. La relación entre la política y la ciencia está condicionada por los intereses de los actores clave en este tema, lo cual subordina la protección ambiental a los indicadores económicos que siguen prevaleciendo al bienestar común. Es innegable que las acciones que deben realizarse para limitar el incremento de la temperatura en 1.5°C deben ser más ambiciosas; sin embargo, existen desafíos que deben superarse previamente. Entre estos desafíos se encuentra la construcción de nuevos liderazgos que conlleven a los acuerdos y no a la polarización de los estados; una relación justa entre política y evidencia científica; la complementariedad entre los enfoques *top-down* y *bottom-up* que prevalecen y una regulación que considere tanto a actores estatales como no estatales.

Palabras clave: Reporte especial 1.5°C del IPCC; cambio climático; evidencia científica y política

ABSTRACT

The IPCC Special Report 1.5°C has meant a new wake-up call for the international community regarding the insufficiency of the commitments agreed under the Paris Agreement. Climate regulation at the international level has gone through different phases with different approaches and today it is fragmented. The relationship between politics and science is conditioned by the interests of the key actors in this issue, which subordinates environmental protection to the economic indicators that continue to prevail over the global society welfare. It is undeniable that the actions that must be taken to limit the increase in temperature by 1.5°C must be more ambitious; however, there are challenges that must be overcome beforehand. Among these challenges are the construction of new leaderships that lead to agreements and not to polarize the states; a fair relationship between policy and scientific evidence; the complementarity between the top-down and bottom-up approaches and a regulation that considers both

state and non-state actors.

Key words: IPCC Special Report 1.5 ° C; climate change, scientific evidence and politics

INTRODUCCIÓN

Luego de la publicación del reporte del IPCC sobre limitar el incremento de temperatura a 1.5 °C, en octubre de 2018, la comunidad internacional ha hecho énfasis en los desafíos que se enfrentan actualmente. El documento titulado *Calentamiento global 1,5°C, Informe Especial del IPCC* hace hincapié en que se necesitarían cambios de gran alcance y sin precedentes en todos los aspectos de la sociedad (IPCC, 2018 COMUNICADO DE PRENSA). Además, también se destaca la necesidad de consensos y liderazgos fuertes por parte de los principales emisores de gases de efecto invernadero (GEI). No obstante, como se destacará en este trabajo, la falta de liderazgos es una de las características principales y retos que enfrenta hoy la política internacional sobre cambio climático.

A nivel internacional, existen distintos actores interesados en limitar las emisiones que causan el efecto invernadero. Sin embargo, este asunto está condicionado por los intereses de las grandes potencias, que son los que más contaminan. Por lo tanto, evaluar el papel de los liderazgos de China y Estados Unidos es una pieza fundamental en el análisis de los desafíos para lograr el objetivo que ha establecido la comunidad académica a través del IPCC. Lo anterior quedo demostrado en las negociaciones previas entre China y Estados Unidos para que el Acuerdo de París lograra el apoyo requerido. El régimen internacional de cambio climático ha transitado por etapas y enfoques relativamente diferentes. Lo anterior permite dar cuenta de la evolución y del ingreso de nuevos actores a las negociaciones que cada vez ostentan mayor poder de influencia en la toma de decisiones. Aunado a ello, se hace evidente que tanto Estados Unidos como China son los dos actores que pueden ostentar un liderazgo fuerte para alcanzar acuerdos que sean favorables para el planeta.

El informe especial del IPCC al que me he referido hace hincapié en que ya estamos viviendo las consecuencias de un calentamiento global del 1°C. Si lo evaluamos en términos generales, se puede decir que este informe caracterizará a la etapa post Kioto de las negociaciones en materia climática, ya que forma parte de la evidencia científica que intenta presionar a los actores para sean más ambiciosos en sus compromisos de reducción y se fijen metas más estrictas.

Desde la COP 15 en Copenhague en 2009, hubo una fractura en la confianza hacia la Organizaciones de las Naciones Unidas (ONU), que representa el multilateralismo que había caracterizado a las negociaciones climáticas. A partir de esta reunión, se hizo evidente la polarización de los actores con mayor capacidad de negociación en este régimen. Luego de la decepción por la falta de un nuevo acuerdo, la escala global fue vista como un foro donde es cada vez más difícil alcanzar consensos. Existe cada vez más una tendencia de las mayores economías del mundo por desplazar las negociaciones hacia otros foros más limitados en cuanto al número de participantes. Foros como la OCDE, Major Economies Forum (MEF), G6, G7, G8, etc., los cuales

incluyen a los actores principales del régimen climático, pues son las economías que emiten más GEI. Esta tendencia está presente en muchos de los temas de la agenda internacional, no es exclusiva del cambio climático. Desde la década de los noventa, los estados están transitando del multilateralismo al minilateralismo[1]. Lo anterior ha provocado que la regulación climática se encuentre cada vez más fragmentada en diferentes niveles.

Con la firma del Acuerdo de París en 2015 se inició la etapa post Kioto de las negociaciones sobre cambio climático. A pesar de haber logrado este acuerdo, los esfuerzos internacionales se vinculan con la falta de efectividad de las políticas a nivel internacional (Ostrom 2009:27-28). Quizá en esta nueva etapa de las negociaciones climáticas, los acuerdos globales emanados de la ONU sirvan únicamente para articular la diversidad de iniciativas surgidas en múltiples escalas.

DESPUES DE PARÍS

Hay dos enfoques para explicar las estrategias para hacer frente al desafío climático, uno es el enfoque *top-down* que es jerárquico y resuelve el problema mediante obligaciones jurídicamente vinculantes; y, el otro en el enfoque *bottom-up* que se base en los compromisos voluntarios y transparentes que están sujetos a revisiones periódicas. En los últimos años ha privado un enfoque mixto, en el que los estados negocian una convención marco *bottom-up* y luego adoptan protocolos *top-down* dentro de dicha convención que impone a las partes obligaciones sustantivas concretas (Jacquet y Jamieson, 2016:643-644). En cierto sentido, se podría comparar lo que ya sucedió en la década de los noventa, donde la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) tuvo un enfoque flexible pero las siguientes reuniones de la COP derivaron en el Protocolo de Kioto que inició con un enfoque *top-down*. Esta es la razón que explica que Estados Unidos forme parte de la CMNUCC pero no de dicho protocolo. Para Jacquet y Jamieson (2016), el Acuerdo de París es un retorno al enfoque *bottom-up*. En la siguiente línea del tiempo se pueden apreciar los momentos coyunturales de las negociaciones climáticas, que servirán para comprender su evolución. (Ver Cuadro 1)

1 El minilateralismo se refiere a traer a la mesa de negociación al menor número de países necesarios para tener el mayor impacto posible en la solución de un problema particular. Esta idea descansa en el hecho de que actualmente a nivel internacional varios temas prioritarios se encuentran polarizados desde la década de los noventa y la política internacional actual se caracteriza por la falta de consensos. (Cfr. Moises, Naim, "Minilateralism", *Foreign Policy*, 21 de junio de 2009, en línea:
http://foreignpolicy.com/2009/06/21/minilateralism/ consultada el 27 de mayo de 2019.

Cuadro 1. Evolución de las negociaciones internacionales de cambio climático 1992-2030

Régimen internacional de cambio climático				Gobernanza global			
Primera ola de negociaciones climáticas				Segunda ola de negociaciones climáticas			
Enfoque *bottom-up*	Enfoque *top-down*			Retorno al enfoque *bottom-up*			
1992	1997	2008	2012	2015	2020	2025	2030
CMNUCC	Protocolo de Kioto (PK)	Primer periodo de compromisos del PK		Segundo periodo de compromisos del PK *En 2015 se firmó el Acuerdo de París (AP)		*El primer balance mundial del grado de cumplimiento de las INDC de los estados parte se realizará en 2023	*Año en que los objetivos del AP deben ser alcanzados. Se podría esperar el fortalecimiento de este acuerdo quizá mediante la firma de un protocolo vinculante y con ello un posible retorno al enfoque *top-down*. *Se espera que China alcance su pico de emisiones.

Fuente: Elaboración propia

En esta línea del tiempo he divido en dos grandes fases la evolución de las negociaciones internacionales sobre cambio climático; la primera del régimen internacional (primera ola) y la segunda de gobernanza global (segunda ola). La primera ola va de 1992 al 2015 con la firma del Acuerdo de París. Esta primera ola se caracteriza por un enfoque *top-down*, es decir, jerárquico, donde el estado es el actor principal. La primera etapa se divide a su vez en dos fases, la primera va de 1992 a 1997 donde privó un enfoque *bottom-up* por la falta de obligaciones para los estados de acuerdo con Jacquet (2016). La segunda fase inicia en 1997 con el Protocolo de Kioto que instaura un enfoque *top-down* con compromisos vinculantes para los estados parte y con un régimen bien definido (principios, normas, reglas y procesos de toma de decisiones). El primer periodo de compromisos del Protocolo de Kioto abarcó de 2008 a 2012 y el segundo (bajo el entendido de que no todos los países forman parte de él) va del 2012 a 2020. Este segundo periodo tendió un puente entre el final del primer periodo y el nuevo acuerdo que se esperaba alcanza en 2015. En la segunda ola encontramos un enfoque de gobernanza, que es *bottom-up*, es decir que los acuerdos se pueden construir desde otras escalas de gobernanza. Dicha ola la inaugura la firma del Acuerdo de París y que se caracteriza por la flexibilización del régimen que alcanzó su momento más importante con la firma del Protocolo de Kioto.

Las diferentes iniciativas para hacer frente a los efectos del cambio climático operan en múltiples escalas. Las negociaciones para construir un régimen internacional han detonado la creación de un conjunto de regímenes que se encuentran vinculados unos con otros, unas veces de manera contradictoria y otras se refuerzan mutuamente (Keohane y Víctor, 2010:2). Para Keohane y Víctor (2010:14), el complejo de regímenes debe ser entendido como un conjunto de elementos regulatorios acoplado vagamente. El problema del cambio climático no está totalmente integrado en un régimen general pero tampoco fragmentado en su totalidad. En cierto sentido, el complejo de regímenes

se complementa con el enfoque explicativo de la gobernanza multinivel.

La diversidad de intereses es inherente y estructural en las políticas globales contemporáneas, esta diversidad tiende a generar la formación del complejo de regímenes más que un solo régimen general integrado. Keohane argumenta que este resultado puede contener una regulación más efectiva comparada con los regímenes generales.

El complejo de regímenes es más realista ante un escenario de alta incertidumbre y ofrece ventajas significativas como la flexibilidad en cuanto al contenido y el alcance (Keohane y Víctor, 2010:2). La Figura 1, esquematiza el concepto de complejo de regímenes, el Acuerdo de París se ubicaría en el recuadro de los regímenes legales de la ONU.

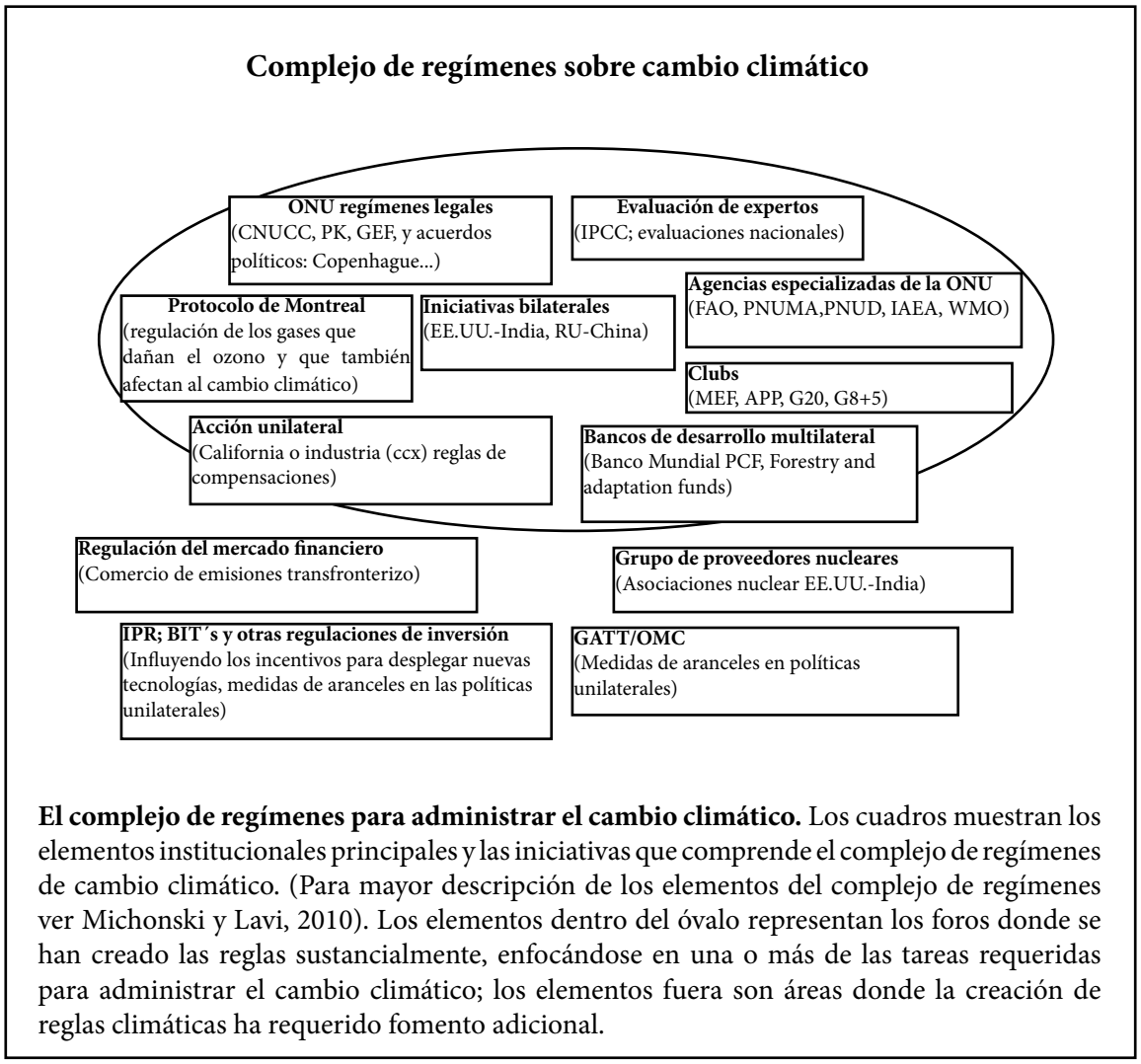
Frecuentemente, coexisten varios regímenes limitados sobre el mismo tema sin una jerarquía clara. Esta condición favorece la fragmentación y surgen los conflictos entre las diversas regulaciones. Cuando existen diferentes foros, entonces el debate se mueve de una organización a otra, esto puede provocar que en varias organizaciones haya la misma agenda. Cuando el patrón de los intereses diverge, los actores más fuertes prefieren un complejo de regímenes más que una institución general y altamente integrada (Keohane y Victor, 2010:4).

Si analizamos la historia de las negociaciones internacionales sobre cambio climático, este es el patrón que priva actualmente. Existen diversos foros donde se discute y negocia el tema e incluso se hace en varios niveles, el esquema del complejo de regímenes sobre cambio climático expone este punto de forma clara. Varios gobiernos han tratado de crear grupos más pequeños de países clave que puedan cooperar sobre el cambio climático (Keohane y Victor, 2010:6). (Ver Figura 1)

La CMNUCC sigue teniendo un rol importante en el complejo de regímenes pero cambia su papel y la convierte en sólo uno de los componentes del complejo de regímenes. La CMNUCC es vista como un acuerdo general (*umbrella agreement*) bajo el cual existen diferentes esfuerzos. Podría cubrir funciones que son mejor provistas a escala global como el establecimiento de estándares para reportar las emisiones, proveer un foro para negociar decisiones externas y quizá para instruir a los cuerpos técnicos sobre cómo reunir y evaluar la información. La CMNUCC podría constituirse como el núcleo de todo el sistema regulatorio integrado (Keohane y Victor, 2010:23). Con el tiempo, si se da la convergencia en las políticas, la CMNUCC podría evolucionar a un régimen integrado y general.

Entorno al Acuerdo de París existen múltiples críticas acerca de su efectividad pero también otros expertos reconocen algunas de las ventajas del nuevo enfoque para atender la problemática climática. En este sentido, el enfoque tipo *top-down* que privó durante la etapa del Protocolo de Kioto ofrece una visión pobre e incompleta de la actividad sobre cambio climático (Levit y Osofsky, 2008:428). En palabras de Keohane, actualmente, existe una gran diversidad de iniciativas enfocadas en este tema. Así, el Acuerdo de París posee un enfoque mucho más amplio, diverso y flexible, ejemplo de esto son los actores no estatales que toma en cuenta y les otorga un protagonismo inexistente en etapas previas del régimen internacional de cambio climático.

Figura 1.



El complejo de regímenes para administrar el cambio climático. Los cuadros muestran los elementos institucionales principales y las iniciativas que comprende el complejo de regímenes de cambio climático. (Para mayor descripción de los elementos del complejo de regímenes ver Michonski y Lavi, 2010). Los elementos dentro del óvalo representan los foros donde se han creado las reglas sustancialmente, enfocándose en una o más de las tareas requeridas para administrar el cambio climático; los elementos fuera son áreas donde la creación de reglas climáticas ha requerido fomento adicional.

Fuente: Keohane y Víctor, 2010.

Otra de las críticas de este acuerdo es que se considera un fracaso desde el punto de vista tradicional de los tratados; ya que más que un acuerdo vinculante es una declaración de buenas intenciones que fija el objetivo de limitar el incremento de la temperatura del planeta en 2°C, o idealmente 1.5°C, por encima de los niveles pre industriales. En lo personal, considero al Acuerdo de París como un nuevo éxito político, equivalente al éxito político que el Protocolo de Kioto significó en su momento. Si bien, no es un acuerdo vinculante, el Acuerdo de París incluye nuevos métodos de revisiones periódicas y contiene sus propias formas para exponer públicamente a aquellos estados que incumplan con sus compromisos. El Acuerdo de París inaugura una nueva etapa de acuerdos internacionales con un enfoque de gobernanza global,

es interesante destacar este enfoque en la manera de tratar temas globales como el cambio climático. Quizá las expectativas eran mucho más altas; sin embargo, se tiene que reconocer que lo que se alcanzó en París fue lo viable políticamente para este momento coyuntural.

La diversidad de intereses por parte de los mayores emisores imposibilita tener un acuerdo global vinculante. No obstante, considero que este acuerdo podría sentar las bases para que una vez que se alcance el pico de las emisiones globales, la comunidad internacional esté en condiciones de comprometerse más allá de compromisos voluntarios. En este sentido, algo que se debe evidenciar, es que el Acuerdo de París se entiende bajo estas premisas como un acuerdo transitorio, es un acuerdo que espera obtener resultados para proponer un nuevo acuerdo (quizá bajo la forma de un protocolo) que contenga compromisos vinculantes.

Ahora se revisarán algunos puntos clave sobre las principales aportaciones del Acuerdo de París con la finalidad de comprender su importancia y los cambios que trajo para la política internacional sobre cambio climático. En este acuerdo se abandona la idea de cumplimiento como un sello de la legalidad o ilegalidad. Prácticamente, sustituye el cumplimiento por transparencia, mediante la creación de un marco de transparencia mejorada, diseñado para construir confianza mutua y promover la aplicación efectiva (Slaughter, 2015). El Acuerdo de París creó obligaciones individuales que serán revisadas cada cinco años. Con ello, se alienta a las partes a hacer compromisos más ambiciosos cada cinco años mediante sus Intended Nationally Determined Contributions (INDC, por sus siglas en inglés).

Considero que la laxitud del Acuerdo de París es también su mayor fortaleza como modelo para una gobernanza global efectiva. Al ser tan flexible, existen más posibilidades de que funcione y que, posteriormente, se fortalezca a través de la firma de acuerdo obligatorio. Para Slaughter el tipo de gobernanza global que propone el Acuerdo de París es mucho más adecuada para el tipo de problemas globales que enfrentamos hoy en día. Las INDC representan los objetivos más realistas que se puede fijar cada estado. Así, Keohane y Víctor (2010:1) coinciden con Slaughter pues consideran que no hay un régimen integral que gobierne los esfuerzos para contrarrestar el cambio climático, en lugar de esto, lo que se tiene es un complejo de regímenes. Es probable que este complejo de regímenes persista; los esfuerzos para construir un régimen integral efectivo, legítimo y adaptable son poco probables de ser exitosos en términos de su efectividad.

Por otro lado, el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las emisiones se debe fortalecer a manera que conforme la base de los compromisos fijados por la política internacional climática. Es fundamental, en consecuencia, que haya mecanismos legales de verificación por parte de terceros independientes sobre los respectivos inventarios nacionales. De lo contrario, el sistema carecerá de suficiente credibilidad y, como consecuencia de las inevitables desconfianzas, a la larga fracasará (Ribera y Olabe, 2015:24). Como es sabido, este problema técnico de las metodologías para el sistema de MRV ha sido un tema de debate desde hace tiempo, el problema radica en que no hay un estándar global y que a los estados no les agrada la idea de ser inspeccionados por una institución independiente, lo que puede generar incertidumbre y desconfianza por parte de otros actores para el establecimiento de

futuros compromisos, porque entonces quién puede dar certeza de que las cifras que presenten los estados son verdaderas.

En el Acuerdo de París se transitó de la coacción selectiva a la competencia con apoyo colectivo. En lugar de demandar a otros por el incumplimiento de una obligación legal, los países tratarán de superarse unos a otros en sus esfuerzos para ayudar a resolver un problema compartido. El mecanismo de transparencia apoya este cambio, al permitir a periodistas, activistas, científicos, ciudadanos preocupados, y las empresas amigables con el clima a participar en debates, dar a conocer los éxitos y los fracasos, solicitar ayuda y asesorías, y ofrecer apoyo a los países rezagados (Slaughter, 2015). Considero de suma importancia la manera en que el Acuerdo de París reivindica la importancia de los intereses de los actores no estatales, dando cabida y un rol activo en la construcción de las acciones de cada estado y consolidando así, un enfoque de gobernanza (*stakeholders*).

El mecanismo de transparencia propuesto por este acuerdo le otorga un papel protagónico a los individuos y las empresas, no sólo a los gobiernos. Un ejemplo de esto fue el papel de Bill Gates, quien anunció durante las negociaciones un fondo de $2 mil millones para invertir en energía limpia, financiado por la *Breakthrough Energy Coalition* (Coalición para el Progreso Energético y BEC por sus siglas en inglés), un grupo de 26 filántropos mundiales y la Universidad de California. La BEC representa un nuevo nivel de asociación público-privada, con los inversores que trabajan con los gobiernos de unos 20 países (incluyendo China, India y EE.UU.) que ya representan aproximadamente el 80% de la inversión mundial en energías limpias (Slaughter, 2015).

La inversión que hará Bill Gates en el fondo para la innovación en energías renovables fue una de las noticias más importantes de esta COP. Aún no estamos preparados para que fuentes alternas de energía como la solar y eólica sustituyan a los combustibles fósiles. La Agencia Internacional de Energía estima que el mundo pagó $84 millones de dólares para subsidiar la energía solar y eólica el año pasado, y se espera que dentro de 25 años, todavía estaremos pagando alrededor de $84 mil millones en subsidios anuales (Lomborg, 2015). Jim Yong Kim (2015), presidente del Grupo del Banco Mundial, afirmó que esta transición tecnológica requerirá más asociaciones entre todos los niveles de gobierno, la sociedad civil y el sector privado. En este sentido, el enfoque que priva en las instituciones financieras como el Banco Mundial es también un enfoque de gobernanza, con este tipo de hechos se puede apreciar que la visión estatocéntrica que privó en lo que he denominado como la primera ola de negociaciones climáticas (1992-2015) ya no es el enfoque que domina la etapa post Kioto.

El Acuerdo de París rompe con el esquema tipo *top-down* que había privado en el régimen climático internacional en los años anteriores. Este acuerdo inaugura un enfoque policéntrico cuya base es la experimentación, el aprendizaje y la influencia entre los diferentes niveles de gobierno (Cole, 2011:395). En el policentrismo existe una activa observación local, regional y nacional de todos los actores interesados. Los esfuerzos para reducir los GEI son un problema clásico de la acción colectiva que es mejor tratada a múltiples escalas y niveles. La participación de los actores estatales y no estatales desde el nivel nacional hasta lo local es fundamental para hacer efectivo

cualquier acuerdo internacional. La gobernanza global efectiva es policéntrica por naturaleza (Ostrom, 2009:1).

Siguiendo las ideas de Ostrom, el Acuerdo de París ha tenido éxito en la instauración de dicha gobernanza global policéntrica del cambio climático, pues reconoce la existencia de una multiplicidad de iniciativas en diferentes escalas y niveles, además, de reconocer el papel y la importancia de los actores estatales y no estatales en el proceso de observación que es necesario para lograr la efectividad del acuerdo global. El concepto de Keohane y Víctor del complejo de regímenes se traslapa y coincide con este panorama policéntrico que plantea Ostrom. Sin embargo, cabe aclarar que un complejo de regímenes sobre cambio climático tiene ventajas sobre un solo régimen internacional, sobre todo en cuanto a la adaptabilidad y flexibilidad. El complejo de regímenes se entiende como un término intermedio entre 'instituciones plenamente integradas que imponen la regulación a través de normas integrales jerárquicas' y 'conjuntos de instituciones altamente fragmentadas sin un núcleo identificable y enlaces débiles o no existentes entre los elementos de un régimen' (Keohane y Victor, 2010:78).

El policentrismo implica la existencia de diversos centros de toma de decisiones. Ostrom define al policentrismo aplicado a la política climática como un sistema policéntrico que existe cuando múltiples organizaciones públicas y privadas en múltiples escalas inciden de manera conjunta en los beneficios y costos colectivos (Ostrom, 2009:406). Lo anterior no implica que la gobernanza global sea irrelevante, ya que esta tiene dos funciones principales, según Cole, estas son: distinguir qué temas se deben negociar a nivel global y cuáles a niveles nacional, estatal y local; y, hacer que las organizaciones e instituciones globales se retroalimenten de las experiencias de los niveles menores (Cole, 2011:406). Esto es justamente lo que se formaliza con el Acuerdo de París. Para Slaughter, el enfoque presentado en el Acuerdo de París es el único enfoque que podría funcionar. Dicho con otras palabras, en París se consiguió lo económica y políticamente viable.

Luego de la firma del Acuerdo de París, la ONU encomendó al IPCC una investigación exhaustiva para determinar lo que se necesita para cumplir con el objetivo de 1.5°C. Sin embargo, para los expertos los compromisos a los que se comprometió la comunidad internacional son insuficientes y esto podría llevar a un desperdicio de tiempo.

Por otro lado, para Estados Unidos, el Acuerdo de París representó un acuerdo ejecutivo, lo que significa que sólo obligó a la administración Obama. Continuar con los compromisos adquiridos por este acuerdo dependía de su sucesor, como se sabe el presidente Donald Trump decidió retirarse de este acuerdo. Por su lado, China ha alcanzado un nivel de emisiones que supera la suma de EEUU y Europa y la tendencia apunta a que en 2030 será el primer emisor también en términos históricos o estará a punto de serlo (Ribera y Olabe, 2015:6-7).

Con la llegada del presidente Trump hubo un cambio drástico en el enfoque ambiental de la política interna y exterior de Estados Unidos. A diferencia del ex presidente Barack Obama, Trump considera que lograr la independencia energética de su país se traduce en respaldar las actividades de las empresas vinculadas a los

combustibles fósiles y quiere dar por terminado el liderazgo en materia ambiental ejercido durante la administración anterior.

Muestra de lo anterior, en política exterior fue la salida del Acuerdo de París y el recorte del presupuesto destinado a diversos organismos internacionales para constituir fondos ambientales. En política interna, se designaron en puestos clave personas que no son afines con la protección ambiental y se limitó la autoridad de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) en diversas áreas. Por lo tanto, no existen expectativas de una regulación climática a nivel federal sino por el contrario.

El liderazgo estadounidense ejercido por el gobierno de Obama en el tema de cambio climático ha sido minado por la administración Trump sin miras a un cambio. No obstante, cabe esperar a las siguientes elecciones presidenciales, donde no están definidas las posibilidades de una reelección.

De acuerdo con Jacquet y Jamieson (2016), China e India se opusieron a la idea de crear una institución independiente, como la *International Atomic Energy Agency*, que fungiera como una tercera parte revisora. Por lo tanto, cuando el Acuerdo de París habla de transparencia es una idea vaga en realidad. Lo anterior es importante ya que este acuerdo se basa en buena medida en el acuerdo bilateral entre China y Estados Unidos de 2014. Además, se espera que India realice más acciones para hacer frente al desafío climático. Los países que no alcancen sus compromisos de reducción autoimpuestos tendrán consecuencias negativas en su reputación (Jacquet y Jamieson, 2016:645). Por lo tanto, la efectividad del Acuerdo de París se fundamenta en buena medida en la importancia de la imagen y reputación de los estados a nivel mundial. Al tener compromisos de reducción todas las partes, esto motiva a que estén al pendiente del actuar del resto del mundo.

China, Estados Unidos e India son responsables por casi la mitad de las emisiones globales y esta cifra podría incrementarse en los siguientes años. Cualquier cosa que socave la cooperación entre estos países, socavará la efectividad del Acuerdo de París (Jacquet, 2016:645). Lo anterior es una prueba de que gran parte del avance de las negociaciones sobre el tema no se ha dado a escala global y que las acciones en escalas menores (en este caso bilateral) pueden influir y retroalimentar al nivel global. Este es el enfoque propuesto en el Acuerdo de París; da libertad y flexibilidad a los estados parte para establecer sus propios objetivos y mecanismos para cumplirlos. Posteriormente, si forma parte del interés de los actores con mayor peso, con las revisiones quinquenales se podría ir construyendo una regulación global obligatoria. No es certero que esto ocurra, pero es una de las posibles consecuencias; que el enfoque *bottom-up* del Acuerdo de París derive en un nuevo acuerdo obligatorio eventualmente.

En el Derecho Internacional del Medio Ambiente (DIMA), existen principios que conforman la base del sistema internacional de protección al medio ambiente y que han sido consagrados en diversos acuerdos internacionales. Un ejemplo de ello es el principio de precaución que habla de un riesgo dudoso y que invita a los actores internacionales a actuar, no de forma obligatoria, y adoptar las medidas necesarias aun frente a la falta de certeza científica sobre el riesgo. Este principio ha sido de suma importancia a lo largo de las negociaciones climática y también ha sido, en

buena medida, ignorado por los principales emisores de GEI. Aunado a este principio se encuentra el de prevención, donde sí hay certeza científica y existe la obligación de adoptar previsiones para mitigar el daño. Ambos principios forman parte de la base para la toma de decisiones en el régimen internacional de cambio climático; no obstante, estos han sido ignorados en múltiples ocasiones por actores como China y Estados Unidos privilegiando su crecimiento económico y otros indicadores en detrimento de la protección ambiental.

El cambio climático es un fenómeno que tiene impactos en prácticamente todas las áreas de la vida de las personas. Es un tema que ha estado atado al avance de la investigación científica, la ciencia ha estado en constante interacción con la política. Los científicos han tenido la necesidad de traducir sus hallazgos a los políticos, que, en última instancia, son quienes toman las decisiones y establecen los acuerdos. Desafortunadamente, los informes y reportes del IPCC no han sido siempre bien recibidos por los actores más afectados en caso de una regulación que límite las emisiones de GEI. Por lo tanto, la evidencia científica ha jugado un rol secundario en la toma de decisiones, dicha evidencia está condicionada a los intereses de los actores principales públicos y privados.

Actualmente, luego de que el IPCC publicara el reporte especial 1.5°C, Estados Unidos, Rusia, Arabia Saudi y Kuwait, que son productores de petróleo y gas, han decidido ignorar los hallazgos del reporte especial del IPCC 1.5°C. Estos cuatro actores han minimizado la importancia los hallazgos de este reporte y han declarado abiertamente que no lo respaldan (Hill, 2018). Eventos como este demuestran que la política y la ciencia son dos ámbitos que se encuentran desvinculados y que la política considera la evidencia científica cuando esta puede beneficiar sus intereses.

CONCLUSIONES

Las negociaciones climáticas han transitado por diversas etapas con una marcada tendencia hacia la flexibilidad y voluntariedad de las partes. La década de los noventa se caracterizó por un fuerte impulso a la regulación jerárquica y se privilegió el papel del estado como el actor principal en la toma de decisiones. Asimismo, algunos de los principios que se consideraron desde la CMNUCC se han ido diluyendo ante el cambio en la correlación de fuerzas en el escenario internacional. Para algunos especialistas como Keohane y Victor es más factible continuar con el enfoque *bottom-up* que esperar que se retome una regulación jerárquica como se caracterizó la primera ola de negociaciones climáticas.

Uno de los temas más preocupantes actualmente es la pérdida de confianza en las organizaciones internacionales y la crisis del multilateralismo. El cambio climático es un problema que afecta a todo el planeta y que incide directamente con la atmósfera, que es un bien común. Por lo anterior, independientemente de que existan iniciativas en todos niveles, sería deseable que continúe existiendo un foro global importante donde todos los estados acuerden los principios y las acciones a tomar frente a un problema de la importancia del cambio climático. Así, se hace evidente que es necesario construir liderazgos a nivel global por parte de los principales emisores

que sean capaces de crear consensos y no polarización.

El enfoque de la gobernanza permite integrar al análisis a los actores no estatales que tienen incidencia en la toma de decisiones, lo cual facilita dimensionar su poder de influencia y capacidad de negociación frente a sus gobiernos centrales. En términos políticos, la comunidad internacional enfrenta una serie de desafíos a resolver para poder atender de manera efectiva los efectos que ya estamos experimentando derivados del cambio climático.

Entre estos desafíos se encuentra la construcción de liderazgos fuertes por parte de estados clave que facilite alcanzar consensos y que estos favorezcan a la mayor parte de la sociedad global o, por lo menos, a aquellos estados más vulnerables a los efectos del cambio climático. Como se explicó en este ensayo, actualmente, la regulación climática se encuentra fragmentada y los dos enfoques *top-down* y *bottom-up* son complementarios más que excluyentes entre sí. La gobernanza global que se requiere para atender los hallazgos del reporte especial 1.5°C del IPCC es la que integre una mezcla cuidadosa de políticas para adaptación, mitigación, desarrollo de nueva cooperación, gobernanza multinivel, innovación e inversión, entre otros aspectos. La confluencia entre actores públicos y privados también será otra característica fundamental para llegar a decisiones más incluyentes y, posiblemente, con resultados más efectivos.

FUENTES DE CONSULTA:

Cole, Daniel H., (2011) "From Global to Polycentric Climate Governance", en *Climate Law*, Maurer School of Law: Indiana University, pp. 395-413, en línea: http://www.repository.law.indiana.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1373&context=facpu Consultado el 27 de mayo de 2019

Costa, Oriol, (2013) "Introducción: el multilateralismo en crisis", en Revista *CIDOB d'Afers Internacionals,* N. 101, Abril 2013, pp. 7-25.

Hill, Joshua, (2018) "COP 24 begins to develop as key countries block IPCC 1.5 Report", en *Clean Technica*, 10 de diciembre de 2018, en línea: https://cleantechnica.com/2018/12/10/cop24-begins-to-devolve-as-key-countries-block-ipcc-1-5-report/ Consultada el 27 de mayo de 2019.

Hilton, Isabel y Kerr Oliver, (2017) "The Paris Agreement: China's 'New Normal' role in international climate negotiations", en *Climate Policy*, Vol. 17, Núm. 1, 48-58pp.

Jacquet, Jennifer y Dale Jamieson, (2016) "Soft but significant power in the Paris Agreement", en *Nature Climate Change*, Macmillan Publishers, Julio Vol. 6, pp. 243-246, en línea: <http://as.nyu.edu/docs/IO/1192/JacquetJamiesonParisAgreement.pdf>. consultado el 27 de mayo de 2019

Jim Yong Kim, (2015) "Climate action after Paris", 16 de diciembre de 2015, en línea: https://www.project-syndicate.org/commentary/paris-climate-accord-further-

action-by-jim-yong-kim-2015-12. Consultado el 27 de mayo de 2019

Keohane, Robert O. y Víctor, David G., (2010) The regime complex for climate change, Discussion Paper 2010-33, Harvard Kennedy School, The Harvard Project on international climate agreements, Cambridge Massachusetts, Enero 2010, en línea: http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/Keohane_Victor_Final_2.pdf Consultado el 27 de mayo de 2019

Levit, Janet k., y Osofsky, Hari, (2008) "The escale of networks? Local Climate Coalitions, University of Tulsa College of Law, TU Law Digital Commons, pp. 409-436, en línea: http://digitalcommons.law.utulsa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1233&context=fac_pub Consultado el 27 de mayo de 2019

Lomborg, Bjørn, (2015) "A Climate Agreement powered byr hypocrisy", Project Syndicate, 17 de diciembre de 2015, en línea: https://www.project-syndicate.org/commentary/paris-climate-agreement-hypocrisy-by-bj-rn-lomborg, consultado el 27 de mayo de 2019.

Naim, Moises, (2017) "Minilateralism", *Foreign Policy*, 21 de junio de 2009, en línea: http://foreignpolicy.com/2009/06/21/minilateralism/ , consultada el 27 de mayo de 2019.

Ostrom, E., (2009) "A polycentric approach for coping with Climate Change", Working Paper 5095, Banco Mundial, octubre 2009, en línea: http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/pe/2009/04268.pdf Consultado el 27 de mayo de 2019

Ribera, Teresa y Antxon Olabe Egaña, (2015) La Cumbre del Clima en París, Documento de trabajo 3/2015, Real Instituto Elcano, 16 de abril de 2015, en línea: http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/75e90e804809949da8c3bf8b18e937e9/DT3-2015-Ribera-Olabe-La-cumbre-del-clima-en-Paris.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=75e90e804809949da8c3bf8b18e937e9, consultado el 27 de mayo de 2019.

Slaughter, Anne-Marie, (2015) The Paris Approach to Global Governance, 28 de diciembre de 2015, en línea: https://www.project-syndicate.org/commentary/paris-agreement-model-for-global-governance-by-anne-marie-slaughter-2015-12 consultado el 27 de mayo de 2019.

Capítulo 2

Cómo las políticas de mitigación del mecanismo de Cooperación Económica de Asia-Pacífico (APEC) contribuyen a alcanzar la meta de 1.5˚C

Antonina Ivanova Boncheva y Ana Bertha Cuevas Tello

RESUMEN

A finales del año pasado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) presentó el Informe 2018 (Global Warming of 1.5ºC) donde señala, por un lado, que la temperatura del planeta, de la era preindustrial a la fecha, alcanzó 1.0ºC y, por el otro lado, indicó, con un grado alto de confiabilidad, que los pronósticos sobre las consecuencias y los costos de que la temperatura alcance 1.5˚C serán peores de lo que anteriormente se pensaba (IPCC, 2018). Ante el constante deterioro ambiental en los últimos años y el impacto negativo que ha tenido el progresivo aumento de la temperatura mundial en el medioambiente, la población y el crecimiento económico, alarma el hecho de que existe evidencia científica que indica que el aumento de 1.5ºC se alcanzará entre 2030 y 2052 si la temperatura continúa aumentando a su ritmo actual. Para evitar daños irreversibles se hace un exhorto a la comunidad internacional a sumar esfuerzos para evitar futuros incrementos de la temperatura. Por lo tanto, conscientes de que el cambio climático encabeza uno de los retos de la seguridad mundial y que la resolución del problema se distribuye entre los actores internacionales (como el APEC) que voluntariamente deciden participar en el régimen internacional climático, en este trabajo nos interesa analizar ¿cuál ha sido el esfuerzo del APEC en cuanto a las cuestiones ambientales? y ¿cuáles son las principales contribuciones de la región en cuanto a la acción climática?

Palabras clave: Cambio Climático, IPCC, APEC, degradación ambiental

ABSTRACT

At the end of last year, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) presented the 2018 Report (Global Warming of 1.5ºC) where it points out, on the one hand, that the temperature of the planet, from the pre-industrial era to the present, reached 1.0ºC and, on the other hand, indicates, with a high degree of reliability, that predictions about the consequences and costs of the temperature reaching 1.5ºC will be worse than previously estimated (IPCC, 2018). In recent years is observed constant environmental deterioration and negative impacts caused by progressive increase of global temperature on people and economic growth. There is scientific evidence that the increase of 1.5ºC will be reached between 2030 and 2052 if the temperature

continues to increase at its current rate. In order to avoid irreversible damage, an appeal is made to the international community to join efforts to avoid future increases in temperature. Therefore, aware that climate change is at the forefront of one of the challenges of global security and that the resolution of the problem is distributed among international actors (such as APEC) that voluntarily decide to participate in the international climate regime, in this work we analyze what has been the APEC's effort to affront environmental issues? And what are the main contributions and challenges of the region in terms of climate change mitigation?

Key words: Climate Change, IPCC, APEC, environmental degradation

INTRODUCCIÓN

La creación del Foro de Cooperación Económica de Asia Pacífico (APEC), surge a la par del ingreso del concepto de desarrollo sustentable en la agenda internacional. Este hecho incidental marcó, casi desde un principio, los propios objetivos del APEC, pues en 1994, año en que el organismo estableció uno de sus principales pilares, las metas Bogor[1], los líderes de este Foro establecieron "la Declaración de Visión Ambiental". Estatuto donde se manifiesta, por un lado, la preocupación de que la degradación ambiental afecte negativamente la capacidad para sostener el crecimiento económico de la región y, por el otro, se plantea que los esfuerzos para garantizar un desarrollo regional, deben de basarse en los efectos que la economía y la población tienen en el medio ambiente, procurando los que garanticen un desarrollo sustentable, es decir, los de menor impacto (APEC, 2015a).

A 25 años de la primera propuesta en la agenda ambiental del APEC, queda claro que considerar el establecimiento de medidas y políticas ambientales entre las economías miembro fue un acierto pues, pese a los esfuerzos del régimen internacional del cambio climático, la temperatura del planeta ha seguido aumentando, alcanzando en 2018, un incremento de 1°C de la era preindustrial a la fecha (IPCC, 2018). Mientras tanto, en el proceso del calentamiento global, los daños en el medio ambiente, la sociedad y la economía mundial se han hecho evidentes alertando, no solo por las pérdidas hasta este momento, sino por los riesgos futuros que se prevé que aumentarán de no ponerse freno al incremento de la temperatura.

A su vez, en el transcurrir de los años se ha hecho evidente que Asia Pacífico no solo produce los mayores niveles de contaminación que generan el cambio climático, sino que, al mismo tiempo es una región que ha sido afectada por el mayor porcentaje de desastres naturales (entre el 57% y 70%, dependiendo el año consultado), mismos que se prevé que se incrementen como resultado del progresivo aumento de la temperatura del planeta. Pero hay más, estos mismos –los daños ambientales— han dejado costos económicos y pérdidas de vidas humanas que mermaron el bienestar de la población y el desarrollo económico que tanto buscan los gobiernos de este Foro.

1 Proponen la reducción de las barreras al comercio y las inversiones y, a su vez, promueven el libre flujo de bienes de servicios y capital entre las economías del APEC. El plazo acordado fue 2010, para las economías desarrolladas y 2020 para las economías en vías de desarrollo.

En este sentido, resulta importante realizar un análisis *grosso modo* del desarrollo de la agenda climática del APEC para conocer el interés de los miembros, los alcances y sus logros. Por lo tanto, en este trabajo plantearemos la siguiente pregunta ¿cuál ha sido el esfuerzo del APEC en cuanto a las cuestiones ambientales? y ¿cuáles son sus principales fortalezas y debilidades? Para dar respuesta nos enfocaremos en alcanzar los siguientes objetivos: 1) analizar las Declaraciones y acciones medioambientales del APEC desde 1994 a 2018, y, 2) mostrar y analizar las aportaciones de APEC y sus miembros en cuanto a la mitigación del cambio climático.

APEC: ENTRE LAS METAS ECONÓMICAS Y LOS OBJETIVOS CLIMÁTICOS

El APEC inició su proceso de conformación en 1989, como un mecanismo de responder a los desafíos del sistema internacional de la época, es decir, a los procesos de regionalización económica en varios puntos del mundo –la Unión Europea, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), y el Mercado Común del Sur (MERCOSUR)—. A partir de allí la búsqueda de la liberalización comercial y la apertura económica y de inversión entre las economías miembros fue el motivo que guio la conformación del APEC. Sin embargo, si al día de hoy se revisa la misión de este Foro se encontrará la siguiente afirmación "Nuestro objetivo principal es apoyar el crecimiento económico sostenible y la prosperidad de la región de Asia y Pacífico" (APEC, Mission Statement, 2018a).

En este sentido, mientras se busca la integración económica, el medio ambiente es, al menos en la formalidad, un elemento básico y es que, para nadie es desconocido, que existe una relación estrecha entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental. Esto queda claro para los líderes del APEC cuando afirman que dado el proceso de industrialización que está teniendo la región y el movimiento continuo de la población rural a las ciudades "es imperativo que las economías del APEC, que representan aproximadamente el 60% del consumo mundial de energía, encuentren formas de reducir el uso de combustibles fósiles para satisfacer la demanda de energía" (2015).

La gravedad del asunto aquí es que, el APEC, con solo 21 economías (lo que representa alrededor del 43% de la población mundial) consume el 60% de los combustibles fósiles, mismos que al ser usados en cualquiera de las actividades antropogénicas desechan gases de efecto invernadero (GEI) que generan el cambio climático (contribuyen con el 65% de los GEI). Además, del total de la energía que se demanda en el mundo el 69% es este tipo (petróleo, carbón y gas natural) y, el resto se distribuye, entre bioenergía, energía nuclear, hidroenergía y otras (International Energy Agency, 2018). Por otro lado, cabe resaltar que la contaminación no es la única característica que une a los combustibles fósiles, sino que también, estos pertenecen a la clasificación de recursos no renovables, es decir, en algún momento se agotaran. Por lo tanto, si el APEC quiere mantener el progreso económico y la calidad de vida de su población tendrá que pensar en opciones sustentables y limpias que les permita satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras. También, las iniciativas limpias y el aumento de la resiliencia en el marco de APEC, es una aportación innegable a la acción climática a nivel mundial (Ivanova y Cuevas, 2016).

LA ACCIÓN CLIMÁTICA EN LAS DECLARACIONES DE APEC

Y eso precisamente han estado buscando pues, desde 1993, en la cumbre de la Declaración de la Visión Económica, los líderes del APEC señalaron "Nuestro entorno mejora al proteger la calidad del aire, el agua y los espacios verdes y gestionamos nuestros recursos energéticos y recursos renovables para garantizar un crecimiento sostenible y proporcionar un futuro más seguro para nuestra gente " (APEC, 2015b). Este antecedente generó el impulso para que en 1994 se adoptara la **Declaración sobre la Visión Ambiental** y en 1995 se reafirmara la integración del medio ambiente y el desarrollo sostenible dentro de las actividades del APEC (Ivanova, 2008). Un dato que cabe resaltar es que en la Declaración sobre la Visión Ambiental el cambio climático hizo su aparición por vez primera como un asunto de interés para las economías.

Ahora bien, con el fin de monitorear avances e implementación de iniciativas, en 1996 se les pidió a los funcionarios del APEC preparar una especie de informe anual sobre las actividades de desarrollo sostenible, mismos que se actualizaría cada año. En 1997, en la Declaración de Líderes se señaló que "lograr el desarrollo sostenible está en el corazón del mandato del APEC" (APEC, 2015b). Por ello expresaron la necesidad de desarrollar iniciativas para implementar un plan de trabajo inicial para el desarrollo sustentable donde se incluyan temas sobre sustentabilidad en el medio ambiente marino, la tecnología y la producción limpia y las ciudades sostenibles. Ese mismo año se aprobó el plan de acción de los mismos.

En 1997, producto de la crisis económica mundial que se estaba gestando, los líderes económicos manifestaron el interés en la restauración de la estabilidad financiera y el crecimiento sustentable. Pero a la vez se dio la primera reunión de ministros de medio ambiente de las economías-miembro y se documentaron los retos y las oportunidades de la región en materia ambiental. Para 1998, con los efectos de la crisis económica a plenitud, los puntos de la Declaración de la cumbre se enfocaron en: 1) el impacto económico y social, 2) la generación de la confianza, 3) los mecanismos de la recuperación económica y 4) los planes de acción de la organización. En los dos últimos se vio explícito el desarrollo sustentable.

En las Declaraciones de años posteriores el medio ambiente ha estado presente en los discursos e incluso se estableció la necesidad de incluir a los empresarios en las medidas de acción ecológica. Un dato relevante fue que en 2002 durante la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (WSSD) celebrada en Johannesburgo, Sudáfrica, el APEC realizó una intervención que consistió en el compromiso de contribuir al éxito de la Cumbre Mundial y promover los resultados en cada uno de los programas de trabajo (APEC, 2002).

Año con año, en los discursos de la cumbre de líderes del APEC, todos los temas, avances, proyecciones o iniciativas de crecimiento, comercio y liberalización económica se planearon alcanzar en el marco del desarrollo sustentable. Sin embargo, hay que destacar el año 2007 cuando se propuso **la Declaración sobre Cambio Climático, Seguridad Energética y Desarrollo Limpio, mejor conocida como Declaración Sídney** (APEC, 2007).

La Declaración Sídney tuvo eco internacional porque el Protocolo de Kioto tenía

dos años que había entrado en vigor y no estaba teniendo los resultados esperados. Por otro lado, los efectos del cambio climático cada vez eran más evidentes y la sociedad mundial estaba ávida de una respuesta activa por parte de los principales emisores de GEI: Estados Unidos y China y que, al menos en este Foro, se estaban comprometiendo en un acuerdo.

Los años 2008 y 2009 serán recordados por la crisis mundial y todo lo que ello implicó, pero los miembros del APEC dieron un paso adelante al señalar que salir de la crisis no sería la meta sino reconocer la necesidad de generar un nuevo paradigma de crecimiento una vez superada la crisis. La propuesta que establecieron fue una transición hacia la economía verde, por lo tanto, el Programa de Trabajo de los Bienes y Servicios Ambientales (BSA) fue un eje fundamental. La agenda del crecimiento sustentable se basó: 1) mejorar la capacidad del APEC de producir BSA, 2) reducir las barreras comerciales e inversión a los BSA, 3) racionalizar y eliminar a mediano plazo los subsidios a los combustibles fósiles y 4) hacer difusión de la tecnología limpia (APEC, 2009; Ivanova et al. 2012).

En 2010 se presentó y aprobó la **Iniciativa Verde**; la cual se enfoca en tres eslabones de una cadena: tecnología verde, producción verde y crecimiento verde, enfocado primordialmente en la pequeñas y medianas empresas, para 2011 ésta iniciativa se ratificó (Takahashi, 2012; APEC Green Initiative Workshop, 2012). En 2012, el APEC elaboró una lista de BSA, compuesta con 54 artículos, que van desde turbinas de agua hasta paneles solares, con el objetivo de aportar al crecimiento verde y acaparar el mercado de BSA a nivel mundial. Para ello se propuso la meta de la liberalización comercial y de inversión entre los miembros (reducción del 5% para 2015) (Tritasavit, 2012; Ivanova et al., 2012).

En 2014, la mesa redonda de alto nivel de APEC lanzó la **Declaración en Desarrollo Verde** donde se enfatizó la importancia de compartir las mejores prácticas y continuar con los esfuerzos para facilitar y liberar el comercio de BSA entre los miembros del APEC. También propuso buscar la cooperación en las cadenas de suministro verde (Declaration of APEC High-Level Roundtable on Green Development, 2014).

En 2015, a través del compromiso **"Construyendo Comunidades Sostenibles y Resilientes",** se explícita que la región es vulnerable a los cada vez más frecuentes daños ambientales. Por lo cual adoptan el Marco de Reducción de Riesgos de Desastres del APEC, con el fin minimizar las pérdidas y dar apoyo para superar la adversidad y la recuperación de la región bajo mecanismos de financiamiento (APEC, 2015). Señalan estar comprometidos con la conferencia climática de París (de la que salió el Acuerdo de París) y reafirman el compromiso de reducir la intensidad energética agregada a 45% para 2035 y duplicar la energía renovable en 2030 (APEC, 2015). A su vez, mencionan la importancia de la seguridad alimentaria y la energética, junto con el bienestar de los bosques.

En el discurso de 2016, se evidencia una conciencia clara de desafíos y riesgos mundiales, por lo que reafirman la necesidad de mantener su liderazgo, a través de la cooperación, con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París, buscando la transición hacia una economía baja en carbono y con resiliencia climática

(APEC, 2016a). Mientras que se continúa enfocando en los temas de seguridad alimenticia y energética como prioritarias y el manejo del agua y los bosques como base para el desarrollo económico y social.

En 2017, continúan promoviendo el crecimiento sustentable y se adopta el **Plan de Acción Plurianual 2018-2020 sobre seguridad alimentaria y cambio climático.** Es decir, se busca promover la sustentabilidad en la agricultura, la acuicultura y la pesca evitando pérdidas y desperdicios y mejorando la productividad del sector primario, al tiempo que buscan las mejores prácticas frente al cambio climático (APEC, 2017a).

Para 2018, *grosso modo,* se realizó una exposición sintetizada de los mismos temas (crecimiento sustentable, reducción a las barreras comerciales y de inversión, seguridad energética, cooperación entre economías, entre otros), pero enfocados en los beneficios de era digital. Es decir, que en estos tiempos de rápidos cambios tecnológicos se mantiene que para alcanzar el bienestar de la población es necesario el comercio internacional para estimular el crecimiento inclusivo y sostenible (APEC, 2018b).

EL GRUPO DE TRABAJO DE ENERGÍA EN APEC

En cuanto las actividades de mitigación y contribución de APEC para alcanzar el objetivo de 1.5˚C, es importante mencionar la conformación y la actividad del Grupo de Trabajo de Energía de APEC.

El Grupo de Trabajo de Energía del APEC (EWG, por sus siglas en inglés) se creó a principios de los noventa. Esto como señal de que el APEC es consciente que la energía es la base del crecimiento económico, meta implícita dentro del objetivo primario de la creación de este organismo regional, y que el desarrollo integral sustentable no es posible alcanzarse sin atender este asunto.

El tema de la energía es tan importante para el APEC que en el 2001 presentaron la iniciativa de seguridad energética la cual, por un lado, busca reducir la vulnerabilidad –ante la variabilidad en el precio, la dependencia del recurso (por la escasez) y el riesgo de cierre de suministro por el alto porcentaje de demanda basada en las importaciones— y, por el otro lado, requieren establecer mecanismos de acción para fortalecer la resiliencia energética (Ivanova, 2016) como son: el ahorro de energía a través de la eficiencia e intensidad energética e implementación del uso de energías limpias (alternativa y renovable) en sus procesos de producción y en las actividades diarias.

Este nuevo reto necesitó del apoyo de dos grupos de trabajo: 1) la Asociación Política del APEC para la Ciencia, Tecnología e Innovación (PPSTI, por sus siglas en inglés) y 2) del Grupo de Expertos en Inversiones (IEG por sus siglas en inglés), pues la mejor manera de garantizar el suministro de energía sostenible es a través de la inversión en la innovación tecnológica que produzca nuevas formas de generar energía y en la producción de bienes y servicios ambientales que contribuyen con la eficiencia e intensidad energética.

Los objetivos de ahorro de energía son un motor importante para la mitigación del cambio climático y una indiscutible aportación a los objetivos de la ONU en cuanto

la intensidad energética para el año 2035. Las declaraciones de 2013 y 2014 reflejan el acuerdo a reducir la intensidad de energía agregada de APEC en un 45% en 2035, comparado con los niveles de 2005. Una de las estrategias es el ahorro de energía en edificios para convertir los Edificios de Energía Casi Cero (EECC) a Edificios de Energía Cero (EEC) antes de 2030 (APEC, 2018c).

Varios gobiernos de los países-miembro de APEC han implementado políticas para alcanzar este ambicioso objetivo. Según el Quinto Plan Quinquenal de Desarrollo de China, al menos en 10 millones de metros cuadrados se construirán demostraciones de energía ultra baja y de EECC.

En cuanto al gobierno de EE. UU., el objetivo a largo plazo y el plan de acción a mediano plazo, estos son emitidos por el gobierno federal y estados: para edificios federales, a partir de 2020, todos los planes nuevos, requieren especificaciones de diseño que logren el uso de EEC hasta el 2030; para edificios comerciales y residenciales comercializables se contempla alcanzar EEC para el año 2020, en caso de viviendas; y para el año 2015 para los edificios comerciales.

Los códigos y estándares de energía juegan un papel vital al establecer requisitos mínimos para el diseño y la construcción de eficiencia energética. ASHRAE 90.1 y las normas relacionadas funcionan como el Código modelo como los códigos de energía de construcción de los EE. UU. Junto con el Título 24 de California, todos tienen un objetivo claro para lograr paulatinamente el EEC. China publicó la Guía Técnica de Construcción Ecológica de Energía Ultrabaja en 2016 y el Estándar Nacional de Energía Casi Cero se implementará a partir de 2019. Junto con otras normas de evaluación, los códigos específicos y los estándares en EECC se convertirán en un requisito inevitable.

Para ayudar a cubrir el costo creciente de las construcciones EECC y garantizar la elaboración de componentes, los países de APEC han implementado varios incentivos y subvenciones. Por ejemplo, como la forma más efectiva de promover el EECC, el gobierno coreano y el gobierno chino promulgaron una serie de incentivos, como la desregulación de la construcción, deducción de impuestos, préstamos y seguros para vivienda y muchos otros subsidios para proyecto

Los enfoques técnicos adecuados son indispensables para realizar EECC. La hoja de ruta técnica para EECC se puede dividir en 3 pasos: diseño con ahorro de energía, incluido el alto rendimiento; buena hermeticidad y ganancias por calor pasivo de la energía del edificio. Mediante un buen diseño, el consumo puede reducirse en un 30%. Si se agrega la eficiencia de los electrodomésticos, el consumo de energía puede reducirse en un 20% más, resultando en un edificio de energía ultra baja. Si se reemplaza el 10-30% de la energía con energía renovable, el edificio puede alcanzar el estatus EECC. En caso que el consumo anual del edificio se realice con energía renovable, éste se convierte en un EEC (APEC, 2018c).

CONTRIBUCIONES DE LAS ECONOMÍAS DEL APEC PARA FRENAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los gobiernos le siguen apostando al crecimiento económico como la alternativa conocida y más factible para generar bienestar a la población y reducir los índices

de pobreza. Por esto, el objetivo de liberalización comercial y apertura económica y de inversión entre las economías del APEC funcionan como un mecanismo impulsor para llegar a ello. Sin embargo, cuando el planeta empezó a dar muestras de que las cantidades de contaminación están rebasando la capacidad de resiliencia de la misma naturaleza para resarcirse el daño; y que, al mismo tiempo, la contaminación también está teniendo un costo económico en todo el mundo –en 2017 fue de 4.6 billones de dólares, aproximadamente el 6% de PIB mundial– y un costo social – alrededor de 9 millones de muertes al año— (WTO & UN, 2018), los tomadores de decisiones optaron por modelos económicos sustentables. El APEC, por su parte, presentó la propia, la Iniciativa Verde.

La Iniciativa Verde, pionera mundial en su tipo, tiene metas muy específicas: producir bienes y servicios ambientales[2], impulsar este mercado y reducir las barreras comerciales y de inversión en este rubro. Con esto se comprometieron a: 1) Para el 2030 incrementar al doble el uso de energías renovables en la región, 2) bajar la intensidad energética en 45% para 2035 y 3) reducir los aranceles al 5% o menos, de una lista de 54 productos para 2015 (APEC, 2016b).

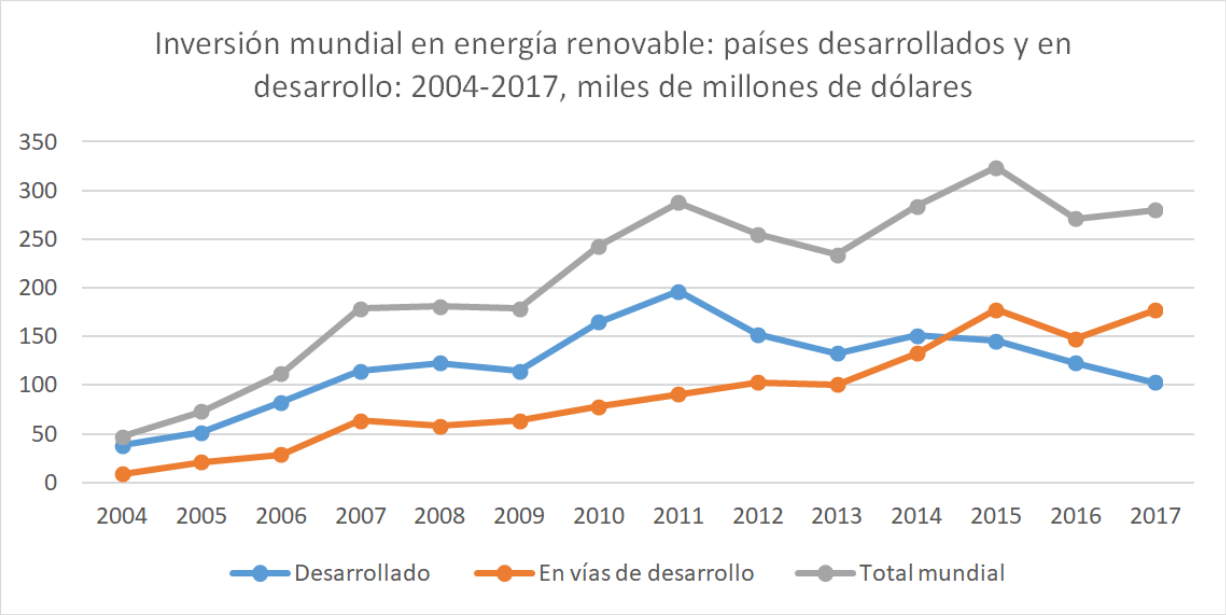
La iniciativa del APEC de alguna manera generó un ejemplo retomado más allá de la región, pues para 2014 la Organización Mundial del Comercio (OMC) propuso el Acuerdo de Bienes Ambientales (EGA por sus siglas en inglés) el cual, al día de hoy, consta de 17 miembros (la Unión Europea, Australia, Canadá, Corea del Sur, Costa Rica, China, Estados Unidos, Islandia, Israel, Japón, Hong Kong, Noruega, Nueva Zelanda, Singapur, Suiza, Taiwán y Turquía). Diez de ellos son las principales potencias económicas del APEC y el resto, a excepción de Costa Rica, todos son considerados países desarrollados. Sin embargo, sus beneficios van más allá de estos países debido a que en este acuerdo se aplica el principio de nación más favorecida.

En este punto es importante detenerse para analizar qué tan efectivos han sido los acuerdos comerciales ambientales en la lucha contra el cambio climático, considerando que la inversión en producción de energía limpia es una de sus principales propuestas al buscar disminuir el consumo de combustibles fósiles. Al mismo tiempo, este modelo productivo no solo le apuesta a la reducción de GEI, sino que también a disminuir la utilización de recursos, pues actualmente se consume cerca de 90 mil millones de toneladas por año, más de tres veces el nivel de 1970 y, se proyecta, *ceteris paribus*, que para 2050, como consecuencia del incremento de la población y del ingreso económico per cápita, el consumo de recursos se incremente al doble (WTO& UN, 2018).

El gráfico 1, permite analizar la tendencia de la inversión en energía renovable de los países desarrollados y en vías de desarrollo, de 2004-2017. Se observa un crecimiento total en este periodo de casi 15% en promedio anual. Resulta interesante observar que durante los primeros 10 años las mayores inversiones las realizaban los países desarrollados, pero en 2015 las naciones en vías de desarrollo los rebasaron (actualmente acumulan el 63% de la inversión total mundial).

2 La OCDE define los bienes ambientales como aquellos que miden, previenen, limitan, minimizan o corrigen un daño ambiental en el agua, el aire o el suelo (OCDE, 2005).

Gráfico 1



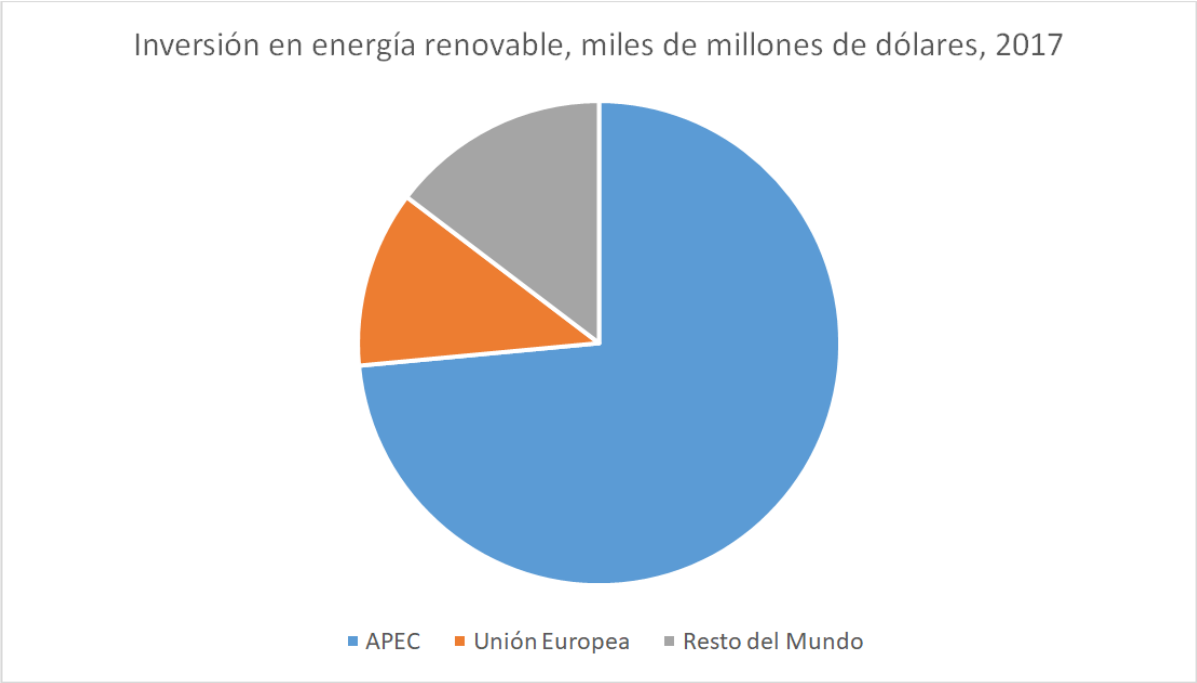
Nota: El Nuevo volumen de inversión se ajusta al capital reinvertido. Los valores totales incluyen estimaciones para ofertas no reveladas. Los volúmenes desarrollados se basan en los países de OCDE excluyendo México, Chile y Turquía.

Fuente: Elaboración propia con datos del Frankfort School & FS-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. Global Trends in Renewable Energy Investment 2018. http://www.iberglobal.com/files/2018/renewable_trends.pdf

De acuerdo a la misma fuente, el mayor inversionista en 2017 fue China, pues acaparó el 45% del total mundial. Cabe hacer notar que de 2011; año en que entró la iniciativa del APEC, al 2017, la inversión en energía renovable no se ha mantenido con crecimiento constante, teniendo su pico más bajo en 2013 y el más alto en 2015, sin embargo, en el año 2017 la tendencia de nuevo es hacia el alza.

Por su parte, el gráfico 2 permite observar que las economías del APEC, en 2017, invirtieron más de que el resto de las naciones del mundo, pues el 73.5% del total de las inversiones que se realizaron en energía renovable se llevó a cabo en esta región. Destacándose China, Estados Unidos, Japón, Australia, México, Canadá, Corea del Sur y Chile como los principales.

Gráfico 2



Nota: no se incluyen los datos de Rusia, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, Vietnam y Singapur.

Fuente: Elaboración propia con datos del Frankfort School & FS-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. Global Trends in Renewable Energy Investment 2018. http://www.iberglobal.com/files/2018/renewable_trends.pdf

La inversión en energía renovable es solo el principio de los beneficios, pues en esta industria se emplea alrededor de 10.3 millones de personas. De estas el 35% son mujeres y, aunque es un porcentaje relativamente bajo, es mayor que las se emplean en la energía tradicional. Por otro lado, el incremento de las inversiones está abaratando los costos de la producción, lo que permite hacer la proyección de que "en los próximos cinco años se estarán instalando cada hora 70,000 paneles solares alrededor del mundo" (World Trade Organization & UN Environment, 2018:25).En cuanto al comercio de bienes y servicios ambientales las economías del APEC también son una fortaleza, pues acaparan el mercado tanto de las exportaciones como de las importaciones mundiales, con un 42% y 44% respectivamente (Jacob, A. & Moller, A., 2017). Ahora bien, tanto las exportaciones (60%) como las importaciones (49%) están compuestas por productos que utilizan energía renovable.

De acuerdo a Chen (2011) con este proceso de crecimiento verde el APEC espera alcanzar tres objetivos: 1) aumentar el uso y el comercio de los BSA, 2) incrementar la eficiencia energética y 3) reducir las emisiones de dióxido de carbono. A su vez,

buscan combatir la tala ilegal, la promoción de vehículos de baja emisión de GEI, la eliminación gradual de los subsidios poco eficientes, la remanufacturación de los bienes y la difusión de la tecnología limpia.

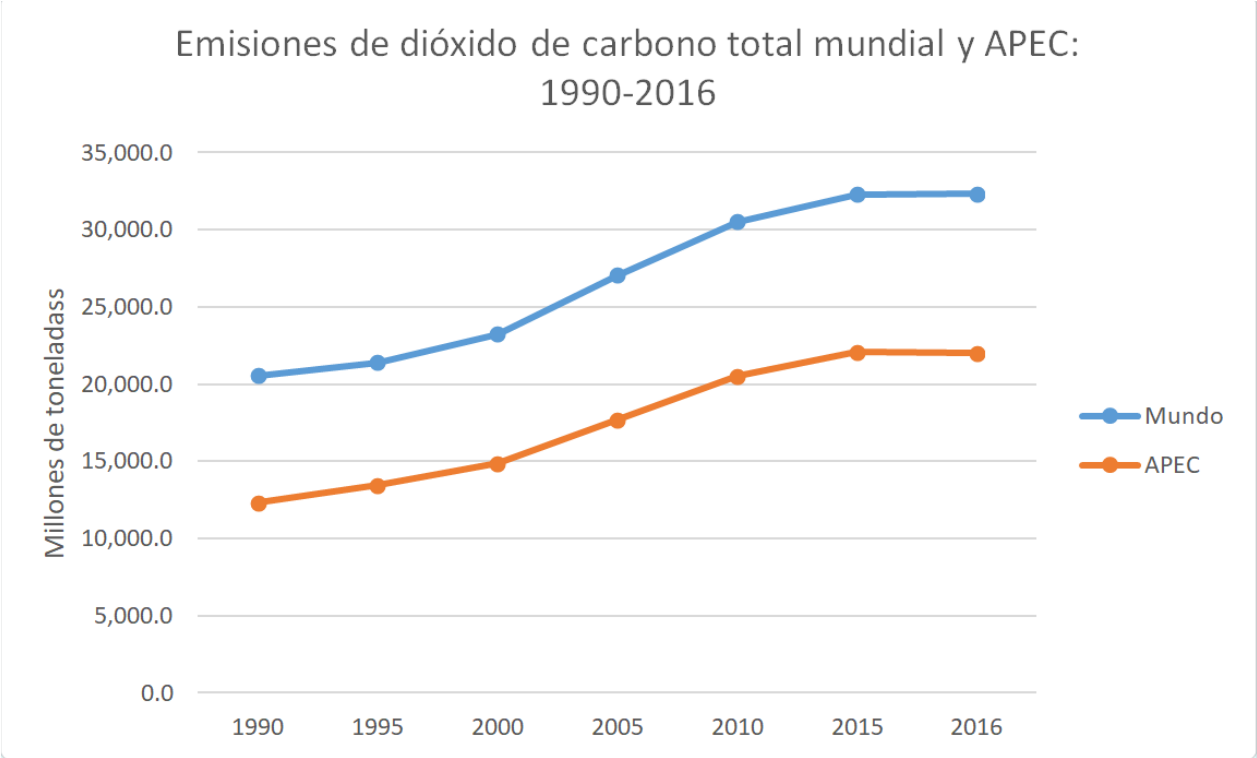
Hasta aquí es evidente que apostarle a la inversión de una industria de bienes y servicios ambientales e impulsar su mercado tiene beneficios económicos y laborales para las economías del APEC. Sin embargo, es importante analizar el impacto ambiental, el cual fue la razón principal, junto con la seguridad energética, para innovar en este campo.

El gráfico 3, muestra la tendencia de la emisión de dióxido de carbono del mundo y del APEC. Se puede observar que Asia Pacífico es la región más contaminante del planeta. En 1990, las economías del APEC emitían el 60% de todos GEI que se generaron en ese año, para 2017 la proporción aumentó a 68.21%. Aunque a primera vista parece que la iniciativa verde no ha tenido impacto positivo, si se hace un acercamiento a los números se verá una mejoría relativa.

Por ejemplo, en 26 años (1990-2016) el crecimiento promedio mundial de GEI fue de 1.8%, mientras que del APEC fue de 2.3%; es decir, este último incrementó su contaminación 0.5%, (en promedio anual) más que el total mundial; pero si se analiza el crecimiento promedio anual a partir de la Iniciativa Verde, es decir, del periodo, 2010 al 2016, el crecimiento del promedio anual de las emisiones mundiales cayó a 1.0%, mientras que las del APEC se redujeron a 1.2%. Es decir, además de la visible disminución de la tendencia en ambos, la diferencia entre ellos ya solo es de 0.2%.

Cabe resaltar, que los principales emisores de GEI del APEC, y del mundo, China y Estados Unidos redujeron el ritmo de crecimiento de sus emisiones. China, en el periodo de 1990-2010 presentó un crecimiento promedio anual en sus emisiones de 6.8%, pero de 2010 al 2016 el crecimiento se redujo a 2.5%. Por otro lado, el crecimiento promedio anual de la nación americana de 1990 al 2010 fue 0.5%, para el periodo de 2010 al 2016 sus emisiones, en promedio anual, decrecieron a -1.7%. Además, excepto Filipinas, Japón y Perú (este último que las mantuvo iguales), la tendencia a disminuir la tasa de crecimiento promedio anual de GEI se presentó en todos los miembros del APEC.

Gráfico 3



Fuente: Elaboración propia con datos de CO2 emissions from fuel combustion.Highlights. 2018. International Energy Agency

Por lo anterior, la Iniciativa Verde sí está presentando resultados que, aunque son moderados y aun no suficientes, evidencia la factibilidad de sustituir los combustibles fósiles por energía renovable y la reducción de la dependencia ellos. Lo interesante es comprobar que la tendencia de este periodo no solo tuvo resultados positivos para las economías del APEC sino del mundo. Sin embargo, es importante señalar que, de acuerdo a la Agencia Internacional de Energía, después de tres años sin crecimiento de GEI (2014, 2015 y 2016), en 2017, las emisiones mundiales de GEI aumentaron 1.4%, mismas que fueron lideradas principalmente por China, India y la Unión Europea (IEA, 2018).

El manejo de los riesgos del cambio climático incluye decisiones de mitigación y adaptación y con implicaciones para las generaciones futuras, la economía y el medio ambiente.

La planeación y la implementación de las medidas de mitigación y adaptación en todos los niveles de gobierno tienen que ser consistentes con los valores y objetivos de la sociedad, y su percepción de riesgo. El reconocimiento de la diversidad de

intereses, circunstancias, contextos socio-culturales y expectativas puede beneficiar los procesos de toma de decisión (Wadell, 2005). Los sistemas de conocimiento y las prácticas indígenas, locales y tradicionales, incluyendo los puntos de vista holísticos sobre comunidad y ambiente de los grupos indígenas, representan un recurso muy importante para la acción climática que puede incrementar su efectividad, pero hasta la fecha no se les ha dado el lugar adecuado en las políticas.

CONCLUSIONES

El proceso de la inclusión de crecimiento sustentable es una práctica que se ha ido incrementando a través de los años en APEC. Es evidente que existe un interés manifiesto entre los gobiernos de las economías APEC ha desarrollar la acción climática, pero, todavía persiste la tarea, de analizar hasta qué punto estas iniciativas se han puesto en práctica o han quedado en el discurso. De lo que se tiene certeza es que: 1) Las economías del APEC son las que mayor cantidad de GEI emite en el planeta, 2) El cambio climático es el principal reto ambiental 4) Los riesgos del cambio climático amenazan el crecimiento económico y el bienestar de la población meta fundamental del APEC, 5) Las economías de APEC han implementado varias acción de mitigación del cambio climático.

Sin embargo, hay que reconocer como una realidad que en APEC los beneficios económicos van por delante de los ambientales. Por otro lado, si bien es cierto que cuando se busca frenar el cambio climático primeramente se deben establecer las medidas para el manejo de la energía (eficiencia e intensidad energética, uso de energía renovable, etc.), pero no hay que olvidar que las causas que generan el cambio climático son multisectoriales y también se deben de atender de manera integral. Además, considerando que la inversión en energía renovable ya inició su proceso y que el mercado de bienes y servicios ambientales permite que individuos particulares empiecen a utilizar estos productos en sus actividades diarias, es casi seguro que de no haber iniciado esta iniciativa de sustentabilidad el incremento de los GEI presentado en los últimos dos años hubiera sido mayor. Un considerable apoyo al objetivo de intensidad energética de la ONU-2035 son las acciones de APEC en ahorro de energía e implementación de energías renovables.

Es indudable que aunque la acción climática es una tarea impostergable que se debe efectuar a nivel global, se pueden crear estrategias de sinergia en la acción climática mediante la cooperación regional. Por otro lado, se pueden crear estrategias comunes dentro del APEC para alcanzar las vías resilientes al clima que son trayectorias de desarrollo sustentable que combinan acciones de mitigación y adaptación para reducir el cambio climático y sus impactos, ayudando al mismo tiempo mejorar los modos de subsistencia, el bienestar social y económico, y el manejo responsable del medio ambiente. Y aunque todavía hay muchos retos a alcanzar, se pueden observar algunas aportaciones importantes de la región APEC a la acción climática a nivel mundial.

FUENTES DE CONSULTA:

Araya, M. (2016) The Relevance of the Environmental Good Agreement in Advancing the Paris Agreement Goals and SDC. A Focus on Clean Energy and Costa Rica's Experience. Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD). https://www.ictsd.org/sites/default/files/research/the_relevance_of_the_environmental_goods_agreement_in_advancing_the_paris_agreement_goals_and_the_sdgs_0.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (1994) APEC Environmental Vision Statement; Vancouver, Canada. Consultado 11 de enero de 2019. https://www.apec.org/Groups/Other-Groups/Sustainable-Development Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (2015a) Climate Change. https://www.apec.org/About-Us/About-APEC/Fact-Sheets/Climate-Change Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (2015b) 2015 Leaders' Declaration. https://www.apec.org/Meeting-Papers/Leaders-Declarations/2015/2015_aelm Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (2016a) 2016 Leaders Declaration. https://www.apec.org/Meeting-Papers/Leaders-Declarations/2016/2016_aelm Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (2016b) APEC Cut Environmental Good Tariffs. https://www.apec.org/Press/News-Releases/2016/0128_EG.aspx Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (2017) Leaders' Declaration. https://www.apec.org/Meeting-Papers/Leaders-Declarations/2017/2017_aelm Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (2018a) Mission Statement. Consultado 15 de enero de 2018. https://www.apec.org/About-Us/About-APEC/Mission-Statement

APEC (2018b) Leaders' Declaration. https://www.apec.org/Meeting-Papers/Leaders-Declarations/2018/2018_aelm Consultado: 27 de mayo de 2019

APEC (2018c) APEC Nearly (Net) Zero Energy Building Roadmap. APEC Energy, Working Group. November 2018 https://www.apec.org/-/media/APEC/Publications/2018/12/APEC-Nearly-Net-Cero-Energy-Building-Roadmap/218-EWG-APEC-NSEB-Road-Study.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Declaration of APEC (2014) High-Level Roundtable on Green Development, https://www.apec.org/Groups/Other-Groups/Sustainable-Development Consultado: 27 de mayo de 2019

Frankfort School & FS-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. Global Trends in Renewable Energy Investment (2018). Global Trends in Renewable Energy Investment. http://www.iberglobal.com/files/2018/renewable_trends.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

IEA (2018) World Energy Outlook. The gold standard of energy analysis. https://

www.iea.org/weo/ Consultado: 27 de mayo de 2019

IPCC (2014a). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policy Makers. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WG AR5 Phase I Report Launch. Yokohama, Japan.

IPCC (2014b). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. March, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S.MacCracken, P.R. Mastrandrea & L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 688 pp.

IPCC (2018) Global Warming of 1.5ºC an IPCC Special Report on the Impacts of global Warming of 1.5ºC above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Ivanova, A. (2008) "El Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC): comercio, inversiones y nuevos retos" en (Ivanova A. y A. Guillen, Eds) Globalización y regionalismo: economía y sustentabilidad, Miguel Ángel Porrúa, México, pp. 197-219.

Ivanova, A., E. Rangel, R. Celaya y Gámez, A. (2012) APEC: más allá del comercio: como el Mecanismo de Cooperación Económica Asia-Pacífico contribuye al desarrollo sustentable, la ciencia y la formación de recursos humanos, Senado de la República& UABCS&UCOL, ISBN 978-607-7777-23-6.

Ivanova, A. (2016) "El cambio climático: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Caso Sudeste Asiático" en Portes, Revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico, Tercera época, Volumen 10, Número 19, Colima, México, ISSN 1870-6800, pp.105-136.

Ivanova, A. and Cuevas, A.B. (2016). "How Climate Action at Regional Level Contributes to the Objectives of the UNFCCC: The APEC Case", Modern Economy, 7, 1428-1443, http://www.scirp.org/journal/me; ISSN Online: 2152-7261; ISSN Print: 2152-7245

Jacob, A. and Moller, A. (2017) Policy landscape of trade in environmental goods and services. United Nations ESCAP. Asia Pacific Research and Training Network on Trade. https://www.unescap.org/sites/default/files/AWP%20No.%20166.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Waddell, S. (2005) Societal Learning and Change: How Governments, Business and Civil Society are Creating Solutions to Complex Multi-Stakeholder Problems. Greenleaf Publishing, Ltd., Sheffield, UK, 164 pp

World Trade Organization & UN Environment (2018) Making trade work for the environment prosperity and resilience. https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/unereport2018_e.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Recursos electrónicos

https://www.apec2018png.org/media/press-releases/apec-climate-symposium-2018-aims-to-tackle-climate-issue-minister-pundari

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/pr_ecuador_es.pdf

Capítulo 3

Caminos paralelos: división metodológica entre las negociaciones internacionales de cambio climático y la economía climática

Bernardo Bastien-Olvera, Hiram Carreño-Najera y Francisco Estrada-Porrua

RESUMEN

La creciente preocupación por comprender el cambio climático ha dado lugar a diferentes perspectivas de análisis que no siempre convergen. En 2018 se presentaron dos eventos relevantes en este ámbito: el Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático que propone una meta de 1.5°C; y el anuncio de William Nordhaus como ganador del Premio Nobel de Economía, cuyo modelo de evaluación integrada del cambio climático -DICE- encuentra una temperatura óptima de 4.1°C hacia finales del S.XXI. El presente trabajo analiza los caminos mediante los que ambas vertientes han llegado a sus respectivas estimaciones. Las fortalezas y debilidades de cada enfoque derivan de las premisas y objetivos que los caracterizan, lo cual además los posiciona como caminos aparentemente contrastantes. Sin embargo, la motivación detrás de ellos es en esencia la misma, por lo que deben ser entendidos como complementos. Ambos deben contribuir a la toma de decisiones para encontrar una mayor armonía entre la sociedad y los procesos naturales.

Palabras clave: escenarios climáticos, cambio climático, economía, incremento de la temperatura

ABSTRACT

The increasing interest of understanding climate change and its interactions with society, has resulted in different research approaches that doesn't always agree. In 2018, two important climate change-related events took place: the Intergovernmental Panel on Climate Change released the Special Report 1.5°C of Global Warming; and William Nordhaus won the Nobel Prize in Economics, who has calculated with his model DICE that the optimal global temperature is 4.1°C by the end of the century. This work analyzes how these two streams have reached their estimations. Their strenghs and weaknesses arise from the assumptions and objectives that each one pursue, which make them highly contrasting. However, the underlying motivation is the same and both approaches should be perceived as complementary. Both approaches must contribute to decision making processes and help harmionize human actions and Earth processes.

Key words: climate scenarios, climate change, economy, temperature increase.

INTRODUCCIÓN

El 8 de octubre del 2018, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) anunció en su conferencia de prensa desde la República de Corea, la aprobación de uno de los reportes más importantes en su historia: el informe especial sobre el calentamiento global de 1.5°C (IPCC, 2018a, 2018b), tema central de este libro. Al mismo tiempo, pero al otro lado del mundo, en Estados Unidos, William Nordhaus recibió una llamada telefónica en la que su hija le compartió la noticia de que había ganado el Premio Nobel de Economía[1]. Nordhaus fue reconocido "por integrar el cambio climático en los análisis macroeconómicos de largo plazo" (Royal Swedish Academy of Sciences, 2018; Reuters, 2018).

Esta peculiar coincidencia[2] refleja no sólo el admirable trabajo de cientos de investigadores y pioneros en la investigación de cambio climático, sino también dos maneras muy diferentes en las que hoy en día se le puede hacer frente. Lo que no es casualidad, es que muy poco del trabajo basado en la investigación de Nordhaus sea utilizado en los análisis del IPCC. Parte de estos desencuentros se pueden rastrear al problema de traducir las implicaciones de proyecciones de las ciencias naturales a términos económicos.

En este capítulo describimos y contrastamos cómo estas dos vertientes -el análisis realizado por el IPCC, más apegado a las ciencias naturales, y el creciente interés de los economistas como Nordhaus- se han aproximado al problema del cambio climático. Específicamente, resaltamos la discrepancia en la temperatura media global que ambas consideran como deseable, siendo 1.5°C para el IPCC y la Conferencia Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), y alrededor de 4°C para algunos modelos macroeconómicos de cambio climático.

En primer lugar, se recapitula la historia de la meta de 1.5°C desde el punto de vista de las negociaciones internacionales para entender de donde proviene. En la sección siguiente, se analiza con herramientas y teoría económica, qué tan adecuado es 1.5°C. Por último, se contrasta ambas visiones y se sugiere líneas para continuar con esfuerzos futuros.

¿CÓMO SE FIJÓ EL LÍMITE 1.5C?

La historia de cómo se ha llegado a la estimación de 1.5°C como el límite que las políticas de cambio climático buscan no rebasar, ha sido exhaustivamente explorada en textos anteriores. Sin embargo, para las finalidades de este capítulo, vale la pena revisar los inicios de la meta inicial de 2°C y la sucesiva transición a 1.5°C. El impacto del CO2 en el clima global comenzó a estudiarse desde finales del siglo XIX, pero fue hasta finales de la década de 1980 cuando el diálogo entre científicos y tomadores de decisiones tomó fuerza a nivel internacional (Bodansky, 2001). Una referencia temprana para comprender la generación de objetivos climáticos es la Declaración

1 Oficialmente The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel

2 Si bien los estudios en torno al cambio climático han cobrado una mayor importancia en el debate internacional dentro y fuera de la academia, es curioso que en las mismas fechas se hayan presentado dos anuncios derivados -como se verá más adelante- de las dos principales maneras de entender y abordar este fenómeno

Noordwijk, resultado de la Conferencia Internacional de Contaminantes Atmosféricos y Cambio Climático llevada a cabo en Holanda en 1989, la cual trazó líneas que se consideraron clave para la investigación en cambio climático. Entre ellas, destacó la convocatoria al recién formado Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para generar métricas que facilitaran la evaluación de mitigación de cambio climático (Declaración Noordwijk, 1989.

Posteriormente, en el Primer Reporte de Evaluación publicado en octubre de 1990, el IPCC reconoce que no fue posible cumplir con la generación de objetivos cuantitativos para emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y se compromete a trabajar en ellos en los meses venideros (IPCC, 1990 WGIII p.xliii). Sin embargo, ese mismo año se publica el reporte de los talleres del Instituto del Ambiente de Estocolmo celebrados en Villach y Bellagio en 1987 (Rijsberman y Swart, 1990), el cual propone tres indicadores que pueden servir para establecer objetivos para las políticas internacionales de cambio climático. Entre los cuales destaca 2°C de temperatura media global por encima de niveles pre-industriales como un indicador de riesgo alto.

Dichos objetivos fueron propuestos con base en el entendimiento de la respuesta histórica de los ecosistemas a cambios en la temperatura media, así como la sensibilidad climática a cambios en las concentraciones de CO2. La Segunda Conferencia Mundial del Clima en diciembre de 1990 facilitó la conversación en torno a los recién propuestos indicadores y objetivos para las políticas climáticas que perseguiría la humanidad. Fue esta sincronización oportuna lo que otorgó un gran peso a la meta de no rebasar los 2°C. Estudios posteriores y encuentros internacionales durante los años 90 y principios de los 2000 tomaron la meta de los dos grados como un ancla o punto de referencia para la política de mitigación de cambio climático.[3]

Eventualmente, se consideró a 2°C como sinónimo de "interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático", al que se refiere el artículo 2 de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. En el año 2010 en la Conferencia de las Partes celebrada en Cancún, se implementó de manera oficial el límite de 2°C, reconociéndolo como una meta respaldada científicamente y en busca de equidad (UNFCCC, 2010).

Para entender la aparición de la meta de 1.5°C en el Acuerdo de París es imprescindible tener en mente que la justicia climática ha sido un tema central desde los inicios de las discusiones internacionales en cambio climático. El primer reporte del IPCC identifica a los países industrializados como los mayores responsables de las emisiones causantes del cambio climático, así como donde hay mayor oportunidad para reducir los objetivos. Lo anterior sentó las bases para lo que se conocería con el concepto de "responsabilidades comunes pero diferenciadas", el cual defiende, entre otras cosas, la igualdad en el derecho de emisiones per cápita, a diferencia de emisiones totales por país (Höhne, den Elzen y Weiss, 2010).

La métrica de emisiones per cápita fue incluida la declaración de Marrakech en 2001, que enfatiza la responsabilidad de cerrar la brecha de las emisiones per cápita entre países desarrollados y en desarrollo, dentro del marco del protocolo de

3 Ver Randalls (2010) para una revisión exhaustiva de estos hechos

Kyoto (UNFCCC, 2001). Esto es visto como un logro de justicia climática incidiendo en resoluciones de alto impacto y liderado por los países en desarrollo.

Desde sus inicios, mucho ha cambiado dentro y fuera de las Conferencias de las Partes; Okereke y Coventry (2016) identifican tres dinámicas que han co-evolucionado con el discurso de justicia climática internacional a lo largo de las ediciones de la COP: la experiencia de negociación entre países; los niveles de emisiones y riqueza de los países; y el entendimiento científico de los impactos del cambio climático. Son estos factores los que han seguido fortaleciendo discursos recientes, como el de las islas del Pacífico y países menos desarrollados en la COP21 que, bajo el slogan "1.5 para mantenerse con vida", exigieron que la meta de 1.5°C fuera incluida en el acuerdo de París.[4]

El dato específico de 1.5°C fue tomado del "Reporte del diálogo estructurado de expertos sobre la revisión de 2013-2015" (UNFCCC, 2015), que sintetiza el diálogo que tuvieron más de 70 expertos en el tema de los objetivos a largo plazo de la UNFCCC. En el reporte se destaca la comparación entre 1.5°C y 2°C como objetivos adecuados. Se ven reflejados diálogos que tocan temas importantes acerca de las implicaciones de adoptar 1.5°C como meta, tales como costos, beneficios por impactos evitados, métodos de financiamiento, respuesta de ecosistemas, escenarios de emisiones compatibles, entre muchos otros. Aunque el análisis abarca un espectro muy amplio, la profundidad se ve limitada debido a que la literatura científica recolectada por el IPCC no explora particularmente dicho objetivo. Sin embargo, bajo la premisa de que "los costos implicados no determinarán si se persigue o no el límite de 1.5°C" (UNFCCC, 20015, p.35), se recomienda que, a pesar de que la literatura de los 1.5°C de calentamiento no es tan robusta, se deben hacer esfuerzos para empujar la línea de defensa lo más bajo posible.

Si bien la meta de 1.5°C representa un logro en términos de justicia ambiental, aún quedan preguntas abiertas respecto a cómo se vería una descarbonización compatible con dicho objetivo que a la vez priorice temas de derechos humanos en la parte operacional (Atapattu, 2016; Adelman, 2018). Algunos autores abordan el tema de los posibles efectos de adoptar una meta altamente irreal y con pocas probabilidades de ser alcanzada. Sin embargo, en lo general se han enfocado en la posibilidad de que dicha meta genere una falsa esperanza (Bodansky, 2016; Okereke y Coventry, 2016) dado que las proyecciones climáticas con base en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas estiman un calentamiento medio de entre 2.6 y 3.1°C (Rogelj et al., 2016).

¿ES CONVENIENTE 1.5°C?

Cada vez son más entendidos los riesgos que el cambio climático presenta para los sistemas naturales y humanos (e.g. IPCC, 2018; Burke, Davis & Diffenbaugh, 2018; Rogelj et al., 2018). Sin embargo, una pregunta abierta en la que activamente se hace investigación es hasta qué costo la sociedad debe estar dispuesta a cubrir para evitar esos riesgos.

4 Esto representa un logro análogo al de las emisiones per cápita incluidas en el fallido Protocolo de Kyoto

Un acercamiento sistemático a dicha pregunta ha sido abordado por los análisis económicos de costo-beneficio. Los cuales expresan en términos comparables -- usualmente monetarios -- el costo de reducir emisiones de GEI y el beneficio de los impactos climáticos evitados por dicha reducción, de modo que se pueda encontrar el punto óptimo en que los beneficios igualan a costos y diseñar instrumentos políticos para llegar a los niveles de emisiones asociados con este punto. El propósito de esta sección es contestar la pregunta de si esos niveles de emisiones son compatibles o no con el objetivo de 1.5°C.

Modelos costo-beneficio de evaluación integrada

Un análisis de costo-beneficio de cambio climático implica comprender la interacción continua entre las actividades humanas y el clima, para ello, se han realizado diversos esfuerzos por construir modelos que incorporen factores económicos y sociales que propician la emisión de GEI, los ciclos biogeoquímicos y el efecto resultante de las emisiones sobre el bienestar humano. La principal fuerza de estos enfoques consiste en conjuntar diferentes campos de conocimiento, métodos y análisis para interrelacionar de forma simultánea los sistemas climáticos con variables demográficas, políticas y económicas. A estos modelos se les conoce como Modelos de Evaluación Integrada (IAMs, del inglés Integrated Assessment Models; CIESIN, 1995).

Es importante puntualizar que los IAMs tienen dos grandes vertientes que dependen del nivel de integración de los modelos. La primer vertiente son los IAMs de costo-efectividad, que modelan la respuesta de sectores (transporte, agricultura, energía, etc.) ante forzantes socio-económicos, estos modelos son los que aparecen más comúnmente en los reportes del IPCC (e.g. GCAM, GLOBIOM, IMAGE). La segunda vertiente y a la que nos enfocamos en este capítulo, tiene un nivel de integración mayor y el comportamiento de los modelos está basado en principios de macroeconomía, de manera que las variables socio-económicas no sólo son entradas estáticas en el modelo, si no que pueden responder a los efectos del cambio climático. Estos son los IAMs de costo-beneficio, a los que, en adelante, nos vamos a referir únicamente como IAMs.

Estos modelos buscan estimar y resumir los efectos del cambio climático, usualmente en términos monetarios (Stern, 2007). Incorporan los impactos de los cambios en la temperatura, el nivel del mar y el tiempo sobre las condiciones de vida humana, así como los efectos de las decisiones de política y crecimiento económico sobre las emisiones de GEI. No sólo buscan hacer estimaciones sobre futuras condiciones económicas sino también mostrar cómo valoramos la vida, el bienestar y los ecosistemas para las futuras generaciones (Stanton, Ackerman & Kartha, 2009).

Dentro de los componentes centrales de los IAMs se encuentran: la estimación del costo de reducir emisiones, la estimación de los beneficios debido al cambio climático evitado y la forma en que la sociedad le asocia un valor a estos costos y beneficios. En las siguientes subsecciones describimos cómo se han abordado estos problemas.

Beneficios por impactos climáticos evitados

Una parte esencial de los análisis costo-beneficio de cambio climático radica en entender

las interacciones del clima con sistemas naturales y humanos. La investigación en este ámbito ha sido desarrollada desde varios siglos atrás y cuenta con matices importantes que el lector debe tener en cuenta al explorar este campo.

Por un lado existen estudios que han argumentado que el desarrollo de sociedades es determinado por factores ambientales, ignorando por completo las múltiples acepciones que la palabra "desarrollo" puede tener para culturas no occidentales y las relaciones de poder que continuamente han despojado del capital natural, humano y económico a los países del sur global. Estos análisis se engloban bajo la corriente del determinismo ambiental que tuvo su auge a finales del siglo XIX y fue utilizado para legitimar el imperialismo y racismo basado en la ciencia (Peet, 1985; Livingstone, 2011). A pesar de que es un tema que parecería haber quedado en el pasado con los escritos de Ellen Semple (1911), el concepto sigue penetrando algunos textos de la literatura científica, económica y geográfica de la actualidad (e.g. Sachs, 2001; Diamond, 2005; Andersen, Dalgaard y Selaya, 2016).

Por otra parte, la gran mayoría de los estudios actuales que investigan los impactos climáticos en sistemas humanos han desarrollado métodos que aíslan los efectos puramente climáticos, teniendo en cuenta la historia e instituciones particulares con las que cuenta cada país, región o unidad espacial de investigación (Acemoglu, Johnson & Robinson, 2001). Uno de estos métodos es la regresión de datos en panel que esencialmente son series de tiempo en diferentes lugares del mundo, que permiten filtrar los efectos particulares de sucesos históricos en cada lugar así como características biofísicas, políticas e institucionales que antes eran confundidas con efectos puramente climáticos por los deterministas ambientales.

Dell, Jones y Olken (2014) hacen una revisión profunda de estos estudios econométricos recientes, que cuantifican y monetizan pérdidas en diferentes sectores como sistemas de energía, salud y agricultura. También son comunes los análisis de daños totales, que agregan los impactos del cambio climático en una función de daño que afecta los niveles globales del producto interno bruto (PIB) o las tasas de crecimiento de este mismo (e.g. Burke, Hsiang y Miguel, 2015; Dell, Jones y Olken, 2012). Esta forma resulta conveniente para abordar de manera simplificada un problema de escala global como el cambio climático, en el que las emisiones de GEI en cualquier punto afectan al clima del planeta entero. Sin embargo, históricamente estos estudios han estado desconectados de las funciones de daño utilizadas en los análisis costo beneficio (Dell, Jones y Olken, 2014).

En el primer análisis costo-beneficio de cambio climático, William Nordhaus (1991) habla de la importancia y el papel que juega la función de daño para este tipo de análisis. Proponiendo que la producción económica es directamente afectada por una función de daño climática f(T), la cual si bien reconoce que tiene una forma desconocida en esos momentos, estima algunos números para varios sectores de Estados Unidos, agrupándolos en un daño total del 0.25% del PIB para un calentamiento de 3°C. Posteriormente, en 1994 presenta el modelo DICE (acrónimo en inglés de Modelo Dinámico Integrado de la Economía y el Clima), que entre otras cosas, ya cuenta explícitamente con una función de daño global, cuyos parámetros se asocian a un daño de 1.3% del PIB para un mundo 3°C más caliente (Nordhaus, 1994). Estudios posteriores en la década de los 90 trataron de estimar la función de daño, pero éstos

eran altamente especulativos o se basaban en la opinión de un número muy reducido de expertos (ver Tabla A-5 de Nordhaus y Moffat, 2017).

En 2009, Richard Tol publicó un influyente artículo donde compiló 13 estudios y estimó impactos en el PIB como función cuadrática de la temperatura media global, puntualizando la poca cantidad de investigación de los impactos económicos de cambio climático. Más adelante, en 2014 Tol corrigió errores que había cometido en su estudio anterior y agregó 7 estudios más a su meta-análisis, obteniendo la siguiente estimación de la función de daño: $PIB = -0.25T - 0.16T^2$

Pero esta última estimación también contenía algunos errores (Nota Editorial, 2015) y pudo haber influenciado erróneamente a académicos y tomadores de decisiones. Sin embargo, lo valioso de dichas aportaciones no sólo radicó en los números generados, sino en sentar precedente para una metodología e intensificar el diálogo alrededor del tema de impactos económicos de cambio climático.

Lo anterior llevó a que Nordhaus y Moffat (2017), emprendieran un análisis sistemático e independiente de los impactos económicos del cambio climático. Estimaron especificaciones lineales, cuadráticas y exponenciales de la función de daño, utilizando 36 estimaciones de 27 estudios anteriores, de las cuales cada una contaba con diferente peso para entrar a las regresiones, asociado al nivel de credibilidad y de independencia con otros estudios. Además, los autores incrementan el nivel de daño en un 25%, para representar los impactos climáticos en sectores no económicos, aunque reconocen que dicho incremento es subjetivo y no cuenta con bases que lo respalden (Nordhaus y Sztorc, 2013). Este análisis concluye en un daño de -2.04 (± 2.21)% del PIB para un mundo 3°C más caliente y -8.06 (±2.43) % para 6 °C más caliente. A pesar de estos avances, la literatura sobre IAM reconoce que las funciones de impacto son la parte más débil en dichos modelos (Stern, 2013; Weyant, 2017). Se ha mostrado que sus proyecciones son altamente sensibles a pequeños cambios en la especificación de dichas funciones o a la inclusión de procesos (Botzen & van den Bergh, 2012; Estrada, Tol & Gay-García, 2015; Estrada, Botzen & Tol, 2017).

En contraste, los reportes del IPCC se enfocan más en entender las relaciones físicas y biogeoquímicas de los sistemas naturales y su respuesta al cambio climático, así como los procesos detrás de los impactos climáticos en la sociedad. Haciendo una mención breve pero enfática que los impactos económicos globales son difíciles de estimar y que existe información limitada e incompleta de los hallazgos (IPCC, 2014). La literatura ha mostrado que existe un problema de traducción al pasar de impactos biofísicos a cuantificaciones económicas así como problemas metodológicos para integrar la incertidubre y catástrofes climáticas en las estimaciones de impactos económicos (Ackerman et al., 2009; Ackerman & Heinzerling, 2001; Weitzman, 2009). Por esto, algunos autores han sugerido que las estimaciones de costos del cambio climático deben ser interpretadas como límites inferiores de los verdaderos costos que este fenómeno representaría (Van Den Bergh & Botzen, 2014).

Costo de reducción de emisiones y Bienestar social

Una vez que se tiene una idea de cuánto afectará el clima a la sociedad, el paso siguiente es saber qué tanto de estos daños se buscarán evitar. La respuesta, bajo el marco de costo-beneficio, tiene dos componentes: el costo de reducir emisiones y el bienestar social generado por ciertas actividades que emiten GEI.

Los costos de reducción de emisiones generalmente disminuyen con el tiempo, de manera que disminuir una tonelada de CO2 hoy es más costoso que disminuir esa misma tonelada en 50 años, cuando exista tecnología más limpia. Por otro lado, los costos aumentan con la cantidad de emisiones que se buscan reducir, es decir, si se buscan reducir 100 toneladas de CO2 hoy, la primera tonelada será menos costosa de reducir en comparación con la tonelada 100. Lo anterior está relacionado con las transiciones tecnológicas y su impacto en la mitigación (Baker, Clarke y Shittu, 2008).

Por otro lado, dejar de emitir CO2 por completo no es necesariamente la mejor opción. Hospitales, Sistemas de distribución de agua potable y muchos otros sistemas que conforman la base del funcionamiento de la sociedad, emiten GEI que contribuyen al cambio climático. Por lo que economistas que realizan análisis costo beneficio no buscan que los modelos converjan a un punto de cero emisiones, si no a un punto de bienestar social óptimo que tome en cuenta los daños y beneficios de emitir CO2 a la atmósfera.

Una de las metodologías que ha sido adoptada, especialmente por Nordhaus en su modelo DICE, propone que la ruta óptima de emisiones es aquella que maximice la función de bienestar social:

$$BS = \int_0^{\infty} P(t)U(c(t))e^{-\rho t}$$

P(t) es la población mundial, que multiplica a la utilidad o beneficio promedio que genera el consumo de bienes c(t). La utilidad disminuye exponencialmente en función del tiempo y moderada por P, la tasa de preferencia temporal, es decir, qué valor tiene la utilidad de futuras generaciones en términos presentes. Las particularidades de cada término y de la forma de la función de utilidad han sido profundamente analizadas y han generado debates que a cierto grado siguen activos hoy en día (e.g. Heal & Millner, 2014). Sin embargo, la forma general es valiosa porque provee una expresión que representa la suma de los beneficios en cada momento del futuro, por lo que si esto se vincula a un modelo de clima y función de daños, podríamos estimar si el bienestar social aumenta o disminuye al emitir una tonelada más de CO2 a la atmósfera.

La asociación de la función de bienestar social con el clima recae en la función de consumo per cápita c(t). Ésta se define como:

$$c(t) = Y(t)(1 - D(t) - A(t))/P(t)$$

Donde Y(t) representa la producción económica en el año t, que es impactada por la función de daño D(t) y reducida por el costo de abatir emisiones de GEI en el año t. La función de utilidad U(t) juega un papel importante al ponderar niveles de consumo per cápita, asignando pesos diferentes a distintos niveles de consumo, usualmente se supone cóncava, representando que una unidad de consumo tiene más valor para una sociedad pobre que para una sociedad rica. Además, la función de utilidad podría

incluir términos no sólo de consumo, sino también de bienes intangibles (e.g. Tol, 1994). Por otro lado, es debatible la elección de parámetros de la función de utilidad, por lo que otros modelos costo-beneficio de evaluación integrada como el FUND o PAGE han optado por no utilizar función de utilidad y trabajar únicamente con el cambio en la producción económica.

Temperatura óptima

Los IAMs son sumamente importantes para informar a las autoridades y tomadores de decisiones sobre las opciones de política para hacerle frente, sus costos y posibles efectos de su implementación. Proporcionan estimaciones útiles para el debate global en torno al combate del cambio climático a pesar de no tratarse de modelos predictivos, (CIESIN, 1995). De hecho, pueden resultar altamente especulativos debido a que involucran proyecciones con un horizonte temporal muy largo, pero tienen la ventaja de permitir explorar la lógica detrás de los supuestos en los que se basan para ilustrar diferentes efectos posibles del cambio climático (Stern, 2007).

Una de las preguntas que ha sido respondida a través de los IAMs es cómo obtener el máximo bienestar de la sociedad teniendo en cuenta los costos y beneficios asociados al consumo económico y al cambio climático. Una vez que se tienen las expresiones matemáticas de los IAMs, este problema tiene una solución sencilla. Modelos como DICE nos pueden arrojar resultados en cuanto a qué ruta de emisiones de GEI está asociada al bienestar social mayor y cuál sería la temperatura media del planeta a finales de siglo asociada a esta ruta de emisiones. Nordhaus (2018) utilizó el modelo DICE con diferentes incertidumbres en los parámetros más importantes y obtuvo 4.1°C como la temperatura asociada al bienestar social máximo.

No sería adecuado pensar que DICE o cualquiera de los IAMs proporcionan una respuesta definitiva sobre cómo reaccionar ante el cambio climático, aunque aportan un valioso marco de referencia para la mejor comprensión del problema. Una de las principales limitaciones de los IAMs es que, dada la gran complejidad de los sistemas sociales y naturales, necesariamente se basan en modelos relativamente simples. Su capacidad de cálculo está en función de la calidad y el carácter de sus supuestos, así como de la información y especificaciones que utilizan (CIESIN, 1995). De la misma forma, es bien sabido por la comunidad que estos modelos tienen limitaciones importantes tales como que omiten una parte importante de aspectos que serán afectados por cambio climático, que hacen supuestos fuertes sobre tasas de descuento, riesgos e incertidumbre y valoración económica de cosas que no pasan por un mercado, entre otras. Como resultado, las valoraciones económicas disponibles representan forzosamente una visión incompleta del problema y subestimen sus consecuencias.

Otro aspecto que debe tenerse en consideración es que los resultados de los modelos son determinados por conjeturas y supuestos que no necesariamente se basan en datos empíricos; en ocasiones ni siquiera han sido verificados o no puedan serlo (Oreskes, Shrader-Frechette and Belitz, 1994; Estrada, Tol & Botzen, 2017). Los resultados de los modelos económicos, por ejemplo, dependen de teorías sobre el

crecimiento económico futuro y el cambio tecnológico que se adopten y que pueden conducir a diferentes conclusiones (Stanton, et al., 2009).

A MANERA DE CONCLUSIÓN: CAMINOS PARALELOS: ¿COMPLEMENTARIOS O INCOMPATIBLES?

El Segundo Reporte de Evaluación del IPCC contiene un capítulo dedicado al costo social del cambio climático (Capítulo 6), el cual habla de la monetización de varios impactos del cambio climático, entre ellos el costo de una vida estadística, que se refiere al valor agregado de cuánto una sociedad está dispuesta a pagar para reducir su riesgo de mortalidad. Sin embargo, el concepto y las escasas estimaciones globales que existían en la literatura generaron demasiada controversia, al grado de que borradores filtrados antes de la publicación inspiraron titulares de periódicos como: "1 vida occidental vale 15 del tercer mundo, según reporte de Naciones Unidas" (Lean, 1995). Lo anterior hizo que el capítulo 6 del Segundo Reporte del IPCC se modificara.

El tercer reporte de evaluación cita la controversia de años atrás y explica claramente las metodologías de evaluación con una aproximación de igualdad (IPCC, 2001 Capítulo 7 WGIII). Los reportes siguientes mantienen al margen éstos análisis de costo beneficio, a excepción del SR15, que dedica una caja para explicar los avances y limitaciones de los estudios costo beneficio (IPCC, 2018 caja 5, Capítulo 2).

De manera que la investigación detrás de los reportes del IPCC y los análisis económicos de cambio climático, ha sido desarrollada de manera relativamente paralela. Tal es el contraste entre estas distintas aproximaciones, que la temperatura media óptima que maximiza el bienestar social de acuerdo al modelo DICE es 4.1°C para finales de siglo (Nordhaus, 2018), mientras que el IPCC se enfoca en analizar la ciencia de 2°C y 1.5°C y resalta que los impactos asociados son ya para esos niveles muy significativos. Dos grados de diferencia en la temperatura media global tienen implicaciones sumamente importantes.

Si bien las metas de 1.5°C y 2°C han sido altamente criticadas por la falta de un análisis sistemático detrás de ellas, se podría argumentar que estos números son el resultado de un ejercicio que los economistas llaman *preferencias reveladas*, en las que los sujetos de estudio revelan la mejor opción posible a través de su comportamiento. En este caso, las preferencias reveladas (las metas de temperatura) emergen de un ejercicio que lleva más de 20 años en ejecución y los sujetos en el ejercicio podrían ser considerados como tomadores de decisiones informados que buscan maximizar el bienestar de la población mundial.

Sería muy difícil intentar defender cada suposición que respalda el argumento de preferencias reveladas. Pero no es más fácil defender cada una de las suposiciones que están detrás del modelo DICE y similares, por ejemplo, las funciones de daño están incompletas o son muy inciertas, los impactos a bienes intangibles no están bien capturados, los parámetros de preferencia temporal son discutibles y la posibilidad de impactos catastróficos del clima casi no es tomada en cuenta.

Ambas aproximaciones son tan distintas que podrían verse como incompatibles.

Una de ellas busca la mejor manera de cumplir una meta que evitaría daños irreversibles a sistemas naturales y humanos, mientras la otra busca la meta que traería los mayores beneficios. Las dos aproximaciones son imperfectas y tienen grandes áreas de oportunidad para crecer. Así como no vivimos en un mundo donde la teoría neoclásica de la economía sea la más adecuada para modelar el futuro de la humanidad y los sistemas naturales, tampoco estamos en un mundo donde todos los intereses internacionales estén alineados con los esfuerzos necesarios para cumplir la meta de 1.5°C.

Sin embargo, existe un punto de compatibilidad. Los investigadores detrás de los reportes del IPCC y aquellos que han seguido trabajando y haciendo crecer el campo que Nordhaus propuso hace más de 40 años, tienen una motivación en común, encontrar caminos que promuevan una sociedad consciente de sus impactos en el clima, capaz de de tomar mejores decisiones en armonía con los procesos naturales y tomando en cuenta las exigencias en materia de justicia climática que han sido históricamente silenciadas.

FUENTES DE CONSULTA

Acemoglu, D., Johnson, S., & Robinson, J. A. (2001). The colonial origins of comparative development: An empirical investigation. *American economic review*, *91*(5), 1369-1401.

Ackerman, F., & Heinzerling, L. (2001). Pricing the priceless: Cost-benefit analysis of environmental protection. *U. Pa. L. Rev.*, *150*, 1553.

Ackerman, F., DeCanio, S. J., Howarth, R. B., & Sheeran, K. (2009). Limitations of integrated assessment models of climate change. *Climatic change*, *95*(3-4), 297-315.

Adelman, Sam. (2018)"Human Rights in the Paris Agreement: Too Little, Too Late?." *Transnational Environmental Law* 7.1: 17-36.

Andersen, T. B., Dalgaard, C. J., & Selaya, P. (2016). Climate and the emergence of global income differences. *The Review of Economic Studies*, *83*(4), 1334-1363.

Atapattu, S. (2016). Climate Change, Human Rights, and COP 21: One Step Forward and Two Steps Back or Vice Versa?. *Georgetown Journal of International Affairs*, *17*(2), 47-55.

Baker, E., Clarke, L., & Shittu, E. (2008). Technical change and the marginal cost of abatement. *Energy Economics*, *30*(6), 2799-2816.

Bodansky, D. (2001). The history of the global climate change regime. *International relations and global climate change*, *23*(23), 505.

Bodansky, D. (2016). The Paris climate change agreement: a new hope?. *American Journal of International Law*, *110*(2), 288-319.

Burke, M., Davis, W. M., & Diffenbaugh, N. S. (2018). Large potential reduction in

economic damages under UN mitigation targets. *Nature*, *557*(7706), 549.

Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. Nature, 527(7577), 235–239.

CIESIN (1995). Thematic Guide to Integrated Assessment Modeling of Climate Change. Palisades, NY: CIESIN. http://sedac.ciesin.columbia.edu/mva/iamcc.tg/TGHP.html [Consultado el 27 de mayo 2019]

Declaración de Noordwijk (1989). https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB90210196.xhtml [Consultado 27 de mayo 2019].

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2012). Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, *4*(3), 66-95.

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2014). What do we learn from the weather? The new climate--economy literature. Journal of Economic Literature, 52(3), 740–798.

Estrada, F., Botzen, W. W., & Tol, R. S. (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change*, *7*(6), 403.

Estrada, F., Tol, R. S., & Botzen, W. J. (2017). Global economic impacts of climate variability and change during the 20th century. *PloS one*, *12*(2), e0172201.

Estrada, F., Tol, R. S., & Gay-García, C. (2015). The persistence of shocks in GDP and the estimation of the potential economic costs of climate change. *Environmental Modelling & Software*, *69*, 155-165.

Gupta, J. (2010). A history of international climate change policy. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *1*(5), 636-653.

Harris, J.N, Roach, B. & Codur, A. (2017). The Economics of Global Climate Change. Global Development and Environment Institute, Tufts University.

Heal, G. M., & Millner, A. (2014). Agreeing to disagree on climate policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(10), 3695-3698.

Höhne, N., den Elzen, M., & Weiss, M. (2006). Common but differentiated convergence (CDC): a new conceptual approach to long-term climate policy. *Climate Policy*, *6*(2), 181-199.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC (2018a). Comunicado de Prensa del IPCC: Los gobiernos aprueban el Resumen para responsables de políticas del Informe especial del IPCC sobre el calentamiento global de 1,5 °C. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/11/

pr_181008_P48_spm_es.pdf [Consultado 27 de mayo 2019]

IPCC (2018b). SR15: 1.5 Degree Global Warming Report.

Lean, G. (1995). One Western Life is worth 15 in the third World. The Independent on Sunday. https://www.independent.co.uk/news/one-western-life-is-worth-15-in-the-third-world-says-un-report-1592784.html [Consultado 27 de mayo 2019].

Livingstone, D. N. (2011). Environmental Determinism. En Agnew, J. A., & Livingstone, D. N. (eds.), *The Sage handbook of geographical knowledge* (pp. 368 - 380). Sage Publications.

Nordhaus, W. D. (1977). Economic growth and climate: the carbon dioxide problem. *The American Economic Review*, *67*(1), 341-346.

Nordhaus, W. D. (1991). To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect. *The economic journal*, *101*(407), 920-937.

Nordhaus, W., & Sztorc, P. (2013). DICE 2013R: Introduction and user's manual. *retrieved November*.

Nota Editorial (2015). Editorial Note: Correction to Richard S. Tol's 'The Economic Effects of Climate Change', Journal of Economic Perspectives, (29)1, 217-20.

Okereke, C., & Coventry, P. (2016). Climate justice and the international regime: Before, during, and after Paris. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *7*(6), 834-851.

Oreskes, N., Shrader-Frechette, K., & Belitz, K. (1994). Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences. *Science*, *263*(5147), 641-646.

Peet, R. (1985). The social origins of environmental determinism. *Annals of the Association of American Geographers*, *75*(3), 309-333.

Randalls, S. (2010). History of the 2 C climate target. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *1*(4), 598-605.

Reuters (2018). U.S. economists win the Nobel for work on climate change, innovation. https://af.reuters.com/article/worldNews/idAFKCN1MI0UP [Consultado 27 de mayo 2019]

Rijsberman, F. R.; Swart, R. J. (eds.) (1990). Targets and Indicators of Climatic Change. Report of Working Group II of the Advisory Group on Greenhouse Gases. Stockholm Environment Institute. Draft version. 166 p. https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Report-TargetsAndIndicatorsOfClimaticChange-1990.pdf [Consultado 27 de mayo 2019].

Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., & Meinshausen, M. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C. *Nature*, *534*(7609), 631.

Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K. V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D., & Krey, V. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 C. *Nature Climate Change*, *8*(4), 325.

Royal Swedish Academy of Science (2018). Press Release: The price in Economic Science 2018. https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/press-release/ [Consultado 27 de mayo 2019]

Sachs, J. D. (2001). *Tropical underdevelopment* (No. w8119). National Bureau of Economic Research.

Semple, E. C. (1911). *Influences of Geographic Environment, on the Basis of Ratzel's System of Anthropo-geography*. H. Holt.

Sivan, K., & Baer, P. Zero Carbon Zero Poverty the Climate Justice way: achieving an equitable phase-out of carbon emissions by 2050 while protecting human rights. Mary Robinson Foundation–Climate Justice; 2015.

Stanton, E., Ackerman, F. & Kartha, S. (2009). Inside the Integrated Assessment Models: four issues in climate economics. Climate and development. Stockholm Environment Institute, Tufts University. 1(2009). 166-184

Stern N. (2013) The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: Grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models. Journal of Economic Literature 51(3):838–59.

Stern, N. (2007). The economics of climate change: the Stern review. Cambridge University press.

Tol, R. S. J. (1994). The damage costs of climate change: a note on tangibles and intangibles, applied to DICE. Energy Policy, 22(5), 436–438. https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90173-2

Tol, R. S. J. (2009). The Economic Effects of Climate Change. Journal of Economic Perspectives, 23(2), 29–51.

Tol, R. S. J. (2014). Correction and Update: The Economic Effects of Climate Change. Journal of Economic Perspectives, 28(2), 221–226. http://doi.org/10.1257/jep.28.2.221

UNFCC (2010). Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009.

UNFCCC (2001) The Marrakesh Accords and the Marrakesh Declaration. https://unfccc.int/cop7/documents/accords_draft.pdf [Consultado 27 de mayo 2019].

UNFCCC (2015). Report on the structured expert dialogue on the 2013-2015 review. https://unfccc.int/resource/docs/2015/sb/eng/inf01.pdf [Consultado 27 de mayo 2019].

Van Den Bergh, J. C., & Botzen, W. J. (2014). A lower bound to the social cost of CO 2 emissions. *Nature climate change*, *4*(4), 253.

Weitzman, M. L. (2009). On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change. *The Review of Economics and Statistics*, *91*(1), 1-19.

Weyant, J. (2017). Some contributions of integrated assessment models of global climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, *11*(1), 115-137.

Capítulo 4

La mitigación de las emisiones de metano en el sector hidrocarburos: la medida ausente del Reporte del IPCC sobre las consecuencias de un aumento de la temperatura media global de 1.5°C

Maxime Le Bail, Daniel Zavala-Araiza y Ana María Gómez Solares

RESUMEN:

El informe especial del IPCC sobre las consecuencias de un aumento de la temperatura media global de 1.5°C, destaca la importancia de realizar reducciones profundas en las emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta, en particular el metano, toda vez que ello permitiría obtener resultados muy favorables a corto plazo. Uno de los principales sectores emisores de metano a nivel mundial es el sector hidrocarburos por lo que la aplicación de medidas en ese sector, consideradas costo-efectivas, podrían contribuir ampliamente a contener el aumento de la temperatura promedia global, sin que ello represente un esfuerzo desmesurado por parte de los inversionistas. Recientemente, México publicó unas disposiciones administrativas que regulan las emisiones de metano en toda la cadena de valor del sector, posicionando de nuevo al país como uno de los principales líderes en la lucha contra el cambio climático. Este capítulo revisa la importancia de reducir las emisiones de metano a lo largo de la cadena de valor del sector hidrocarburos, analiza la regulación mexicana publicada al respecto y, finalmente, reflexiona sobre los retos de su implementación.

Palabras claves: hidrocarburos, Contaminantes Climáticos de Vida Corta, metano, mitigación, regulación.

***ABSTRACT*:**

The IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels underscores the need to reduce short-lived climate pollutants-in particular methane- in addition to carbon dioxide. One of the most important sources of global methane emissions, both in terms of magnitude of emissions and available mitigation strategies, is the oil and gas system. Recent studies have shown that significant reductions to oil and gas methane emissions are cost-effective, representing an opportunity for near-term climate benefits. Mexico just published a set of regulations that focus on methane emissions across the oil and gas value chain, reaffirming Mexico's climate leadership role. In this chapter, we discuss the importance of focusing on reducing methane

emissions from oil and gas infrastructure as part of wider energy transition strategy; we analyze the Mexican regulation; and reflect upon the challenge of implementing it.

Key words: methane, climate change, oil, Greenhouse gases

INTRODUCCIÓN

El informe especial del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU (IPCC, por sus siglas en inglés) sobre las consecuencias de un aumento de la temperatura media global de 1.5°C (IPCC, 2018) reafirma la idea de que es indispensable que las acciones para frenar el calentamiento se incrementen y sean más ambiciosas. Asegura que limitar el calentamiento a 1.5 ° C implica alcanzar cero emisión neta de CO_2 en todo el mundo alrededor de 2050, además de realizar simultáneamente reducciones profundas en las emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC), en particular el metano; éste deberá ser reducido en 35% o más a nivel global para 2050 en relación con 2010.

Se estima que el metano, que tiene un potencial de calentamiento 84 veces superior al del CO_2 en un periodo de 20 años (IPCC, 2013), representa el 16% (7.8±1.6 $GtCO_2eq$/año) de las emisiones anuales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el mundo (IPCC, 2014) y que un cuarto de dichas emisiones proviene del sector hidrocarburos (IEA, 2017). Para limitar el aumento de la temperatura promedia global a corto plazo, es necesario entonces tomar acciones dirigidas a reducir las emisiones de metano (CH_4) en este sector.

Al respecto, el Quinto Reporte del IPCC (2014) menciona diversas medidas de mitigación como la captura, la reducción de la quema y del venteo, así como la disminución de las fugas, y advierte que "la creciente utilización del gas plantea la cuestión de las emisiones fugitivas de CH_4 tanto de los [hidrocarburos] convencionales y producción de gas de esquisto" toda vez que "algunos estudios estiman que alrededor del 5% del gas producido se escapa en la cadena de suministro". Por su lado, la Agencia Internacional de Energía considera que el 75% de las emisiones de CH_4 en el sector pueden ser evitadas y que dos tercios de ellas tendrían un costo neto nulo (IEA, 2017).

Este informe especial (IPCC, 2018) reconoce con alto grado de confianza que las vías que limitan el calentamiento global a 1.5 ° C implican "una transición rápida y de gran alcance" en diversos sectores, incluyendo el sector energético, y requieren de "profundas reducciones de emisiones", alcanzables a través de una amplia cartera de opciones de mitigación y un importante incremento de las inversiones en esas opciones. Sin embargo, para el sector energético, se plantea casi exclusivamente la generación de energía a través de las energías renovables. Aun cuando este planteamiento es fundamental y los esfuerzos a nivel global deben catalizarse, no se debe quitar la atención a las emisiones provenientes del sector hidrocarburos.

Con el alza prevista en la demanda de petróleo hasta 2025, es poco factible que se detenga pronto su explotación y se suministre exclusivamente energía proveniente de fuentes más limpias. En algunos casos incluso, esto provocaría la caída de las economías de países dependientes en cierta medida de este sector como es el caso de

México donde la explotación de hidrocarburos representa la tercera fuente de ingresos para el país. Por ende, es indispensable que se implementen acciones de mitigación de las emisiones en el sector hidrocarburos, donde todas las acciones de mitigación que se implementarán serán críticas para obtener beneficios climáticos en el corto plazo, mientras se transite hacia la generación más limpia de energía.

Este capítulo aporta una reflexión sobre esa omisión del informe especial del IPCC, explicando en un primer tiempo la importancia de reducir las emisiones de CH_4 en el sector hidrocarburos; en un segundo tiempo, analiza la regulación publicada en México sobre este tema y, finalmente, presenta los retos y algunas recomendaciones para su adecuada implementación.

LA IMPORTANCIA DE REDUCIR LAS EMISIONES DE METANO EN EL SECTOR HIDROCARBUROS

El CH_4 es un potente GEI y CCVC cuyo tiempo de vida en la atmósfera es de aproximadamente 12 años, debido a esto, su impacto climático en el corto plazo es muy significativo. En un periodo de 20 años, el potencial de calentamiento del CH_4 es 84 veces más que el dióxido de carbono[1] (IPCC, 2013 y Etminan *et al*, 2016).

Tal y como ya se mencionó, el informe especial del IPCC sobre las consecuencias de un aumento de la temperatura promedia global de 1.5°C (IPCC, 2018) subraya la necesidad de enfocarse tanto en la mitigación de dióxido de carbono como de los CCVCs; incluido el metano. Estudios de modelado de la temperatura global dan respaldo a lo mostrado en este reporte (Shoemaker et al. 2013). Debido al alto potencial de calentamiento global de los CCVCs y su corta vida en la atmósfera, puede considerarse que sus efectos para beneficio/detrimento climático, dependen del flujo o la tasa a la que son liberados a la atmósfera. En contraste, los efectos climáticos del dióxido de carbono dependen de su acumulación en la atmósfera.

El CH_4 es responsable de aproximadamente 25% del calentamiento global que ya experimentamos hoy en día (casi 2/3 partes del calentamiento global actual si solo se consideran los CCVCs)[2]. Lo cual refleja la necesidad – y la oportunidad- de obtener beneficios climáticos en el corto plazo mientras se esbozan políticas ambiciosas de reducción de emisiones de dióxido de carbono. De hecho, una reducción en 45-50% de las emisiones mundiales de CH_4 del sector hidrocarburos tendría el mismo efecto en los primeros 20 años que cerrar mil plantas de generación eléctrica a base de carbón mineral. En el año 2100, esto sería equivalente a cerrar inmediatamente todas las plantas de generación eléctrica a base de carbón existentes en China.

El CH_4 es emitido por fuentes naturales (e.g., pantanos) y por actividades

1 El potencial de calentamiento global del CH_4 de 84 está basado en el AR5 del IPCC (IPCC, 2013), excluye los efectos de retroalimentación entre el carbono y el clima. También excluye los efectos de la oxidación del dióxido de carbono y el metano. Estudios recientes han revisado estos valores y muestran que podrían ser aún mayores (Etminan et al. 2016). En el caso del metano, el potencial de calentamiento global a los 20 años de emisión seria actualizado a 96.

2 Con datos del AR5 del IPCC (IPCC, 2013) (Capitulo 8 SM, Tabla 8.SM.6). El forzamiento radiativo es utilizado como medida del calentamiento global actual. Se presenta la fracción del forzamiento radiativo atribuida al CH_4 respecto a la contribución de las demás especies.

antropogénicas, siendo los principales contribuyentes la agricultura y la ganadería, los tiraderos de basura y el sector hidrocarburos. La contribución de éste último se debe a que el CH_4 es uno de los principales componentes del gas natural, mismo que es liberado a la atmósfera -de manera deliberada o accidental- durante la producción, procesamiento y transporte del petróleo y gas natural. Aun cuando los esfuerzos mundiales en reducción de CH_4 deben enfocarse en todas las fuentes antropogénicas, las estrategias de mitigación de emisiones del sector hidrocarburos presentan dos ventajas que facilitan la implementación eficaz de medidas de reducción de emisiones:

(i) El sector hidrocarburos presenta un grado mayor de integración y concentración que, por ejemplo, el sector ganadero o agricultor

(ii) Existen tecnologías disponibles y costo-efectivas para reducir significativamente las emisiones de manera eficiente.

Las emisiones de dióxido de carbono originadas por la combustión de gas natural son menores que las de otros combustibles fósiles (por unidad de energía). Es por esta razón que se ha llegado a considerar al gas natural como una energía limpia para la producción de electricidad, o como una rampa de transición hacia un futuro bajo en carbono. Por lo tanto, si existen fugas y emisiones de CH_4 durante toda la cadena de suministro del sector hidrocarburos (producción, recolección y procesamiento, transmisión y almacenamiento y distribución), el papel del gas natural como energía limpia desde un punto de vista climático empieza a erosionarse o a desaparecer por completo. En pocas palabras, el papel que pueda tener el gas natural dentro de las estrategias globales de descarbonización de la matriz energética depende en gran medida de la minimización de las emisiones de CH_4 de la cadena de valor del sector hidrocarburos.

Alvarez et al. (2012) analizaron distintos escenarios donde el gas natural sustituye a otros combustibles para generación eléctrica (sustituir carbón mineral por gas natural) y transporte (sustituir diésel por gas natural), considerando el total de emisiones de dióxido de carbono y metano. Si las emisiones de CH_4 son mayores a ~3% de la producción, el beneficio climático por la generación de energía eléctrica a partir de una planta de gas natural (en lugar de una planta de generación eléctrica de carbón) sería eliminado por varias décadas. De manera similar, los beneficios climáticos de utilizar gas natural en lugar de diésel en el transporte pesado desaparecen (tanto en el corto como en el largo plazo) cuando las emisiones de CH_4 representan más del ~1% de la producción. Aunque este estudio se basa en datos de Estados Unidos y sus implicaciones no deben generalizarse a otros países, estos resultados nos dan una idea del mínimo margen con que cuenta el sector hidrocarburos –y el gas natural en particular- para que su mayor utilización no represente un impacto climático perjudicial en las próximas décadas. Consecuentemente, enfocarse en la reducción de emisiones de CH_4 de este sector se vuelve crítico.

El desarrollo de tecnologías como la fracturación hidráulica (también conocida como *fracking*) y la perforación horizontal han abierto la puerta a un incremento significativo en la producción de combustibles fósiles a partir de la explotación de los yacimientos de *shale gas* (lutitas). El ejemplo más significativo es Estados Unidos, donde la producción de petróleo y gas natural de estos yacimientos –conocidos como

no convencionales- ha encaminado a este país a convertirse en un exportador neto de energía (EIA, 2015). La tasa acelerada de transformación y expansión del sector hidrocarburos en los Estados Unidos como consecuencia de la introducción de estas dos tecnologías, dio lugar un alto grado de implicaciones socio-ambientales (e.g., afectaciones a comunidades, contaminación de acuíferos, escasez de agua, emisión de contaminantes atmosféricos y GEI) cuya magnitud y alcance habían sido poco estudiados y, por lo tanto, derivaron en respuestas tardías e insuficientes (Zavala-Araiza et al. 2017).

Howarth et al. (2011) publicaron un primer estudio donde estimaban las emisiones de CH_4 del ciclo de vida del gas natural llegando a la conclusión que estas emisiones podían ser especialmente elevadas si se trataba de la extracción de recursos no convencionales (lo cual requiere fracturación hidráulica y perforación horizontal). Para estos primeros estimados, existía una cantidad mínima de datos de las emisiones, en su mayoría basados en cálculos ingenieriles y no respaldados por procedimientos empíricos o mediciones directas. A partir de entonces, se ha desarrollado una abultada literatura científica alrededor de la huella de CH_4 de la cadena de suministro del sector hidrocarburos. Se sabe que las emisiones pueden ser elevadas – independientemente de si se trata de recursos convencionales o no convencionales (Omara, et al. 2016) - y se ha podido dar certeza a la magnitud de las emisiones y sus principales fuentes a partir del desarrollo de métodos de estimaciones basados en mediciones y observaciones atmosféricas.

Existen diversas metodologías para estimar las emisiones de CH_4 del sector petrolero. En términos generales, pueden dividirse en dos grupos:

(i) Las llamadas *top-down* (TD), donde se utilizan mediciones de concentraciones de CH_4 en la atmósfera a nivel regional (i.e., regularmente un área con un radio de 50-200 km). Estas estimaciones se basan principalmente en avionetas (Alvarez et al. 2018, Karion et al. 2015), redes de torres de monitoreo (Jeong et al. 2013) o información satelital (Kort et al. 2013). Una vez que se conoce la concentración de CH_4 en la región, se utiliza un balance de masa o modelado del transporte atmosférico para poder determinar el flujo generado en la región de interés. Uno de los aspectos críticos de esta metodología es el poder distinguir las emisiones de CH_4 fósiles (i.e., sector hidrocarburos) de las biogénicas (i.e., agricultura, ganadería), para esto se pueden utilizar compuestos traza como el etano (Smith et al. 2015) o la medición de isotopos del carbono (Cain et al. 2017). Estas metodologías permiten obtener información sobre (a) la magnitud total de las emisiones en una región específica, (b) la identificación de focos de emisión y (c) caracterización de la distribución espacial de las emisiones.

(ii) Del otro lado del espectro, las metodologías *bottom-up* (BU) construyen los estimados a partir de inventarios de emisiones, donde se utilizan factores de emisión determinados a partir de la medición directa de las emisiones totales de instalaciones o de las emisiones de cada componente/equipo dentro de una instalación (Zavala-Araiza et al. 2015).

Hasta hace poco, la existencia de un amplio rango de estimados había contribuido

a un *impasse* en cuanto a las políticas necesarias para reducir emisiones alrededor del desarrollo del sector petrolero. Recientemente Alvarez et al. (2018) demostró que las metodologías TD y BU convergen a los mismos resultados cuando se utilizan de la manera correcta, disolviendo ideas previas que apuntaban a discrepancia en los estimados de las metodologías.

Una de las características principales de las emisiones de CH_4 del sector hidrocarburos es la presencia de los súper-emisores (Zavala-Araiza et al. 2017b). Fenómeno que ocurre a todo lo largo de la cadena de suministro y que se refiere a una fracción pequeña de las instalaciones/componentes que de manera desproporcional contribuye a la mayoría de las emisiones (e.g., 10% de los pozos productores son responsables de 80% de las emisiones). En múltiples ocasiones, estos súper-emisores se relacionan con errores en la operación, fallas técnicas o el malfuncionamiento de equipos. Por consecuencia, se trata de un fenómeno estocástico en tiempo y en espacio; al no poder predecir cuál será la siguiente instalación que se convierta en un súper-emisor ni en qué momento (Lyon et al. 2016). La existencia de súper-emisores tiene dos consecuencias claves:

(i) Al tratarse de una fracción pequeña de instalaciones dentro de la población total, pueden ser fácilmente omitidas de muestreos y programas de monitoreo aleatorios, dando como resultado que los inventarios de emisiones subestimen las emisiones reales del sector.

(ii) En términos de mitigación, la naturaleza aleatoria de los súper-emisores requiere programas de monitoreo y detección de fugas de alta frecuencia o que tiendan a realizarse de manera continua, de lo contrario existe una muy baja probabilidad de que las instalaciones responsables de las altas emisiones sean encontradas.

Aun cuando la mayoría de los estudios científicos enfocados en las emisiones de CH_4 del sector hidrocarburos se basan en los Estados Unidos, poco a poco aparecen investigaciones en otros países productores de petróleo (Johnson et al. 2017, Yacovitch et al. 2018). Si bien es cierto que el sector mundial de hidrocarburos es un sistema heterogéneo y con gran diversidad en cuanto a tecnologías y practicas operativas, los estudios científicos recientes han demostrado la existencia de mejores prácticas y la eficacia de políticas enfocadas a la reducción de emisiones.

En el caso de la mitigación de emisiones de CH_4 del sector hidrocarburos, el control de estas emisiones tiene importantes co-beneficios, como son la disminución en las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (precursores del ozono) y el control de emisiones de sustancias toxicas y con graves impactos a la salud (e.g., el benceno y sus efectos cancerígenos). De igual forma, la mayoría de las tecnologías que reducen emisiones de CH_4 implican que el gas no se libera a la atmósfera y por lo tanto aumenta la eficiencia energética. El reciente informe especial del IPCC sobre las consecuencias de un aumento de la temperatura promedia global de 1.5°C (IPCC, 2018) nos llama a reflexionar sobre las interacciones y bucles de retroalimentación entre respuestas al cambio climático y las metas de desarrollo sostenible. Los co-beneficios de la reducción de emisiones de CH_4 permiten acercar las acciones de mitigación a la protección y defensa de derechos fundamentales de múltiples comunidades ubicadas en medio de

zonas de actividad petrolera.

En México, la coyuntura actual plantea una necesidad de mitigar las emisiones actuales del sector petrolero – independientemente de una expansión mucho mayor del sector o de si se explotan los recursos no convencionales-, en este sentido, desde su papel como país productor de petróleo, ha bosquejado su compromiso en la lucha contra el cambio climático y la reducción de emisiones a partir de la inclusión de medidas de mitigación de CH_4 del sector hidrocarburos en sus contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (NDCs) derivadas del tratado de París. Éste y otros compromisos internacionales han avanzado considerablemente del terreno discursivo a la acción con la publicación de regulaciones que delimiten su implementación.

Uno de los esfuerzos más recientes realizados en este país es la expedición de la regulación para el control de emisiones de CH_4 del sector hidrocarburos, la cual se analiza en la siguiente sección.

LA REGULACIÓN MEXICANA PARA LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL INTEGRAL DE LAS EMISIONES DE METANO EN EL SECTOR HIDROCARBUROS

En el 2013, las emisiones directas de gases de efecto invernadero en México ascendieron a 665 megatoneladas de Dióxido de Carbono equivalente ($MtCO_2e$) (INECC, 2013). El sector hidrocarburos contribuyó significativamente en esa cifra con la emisión de $80MtCO_2e$, es decir el 12% de las emisiones totales del país. De esas, 30.9 $MtCO_2e$ fueron de metano, lo que representa el 25% de las emisiones totales de este gas en el país y coloca el sector hidrocarburos como el segundo sector más emisor de CH_4 después de la agricultura. Le Bail *et al.* (2017) describe la proveniencia de las emisiones a lo largo de la cadena de valor del sector hidrocarburos mexicano.

Con el objetivo de disminuir dichas emisiones, México, Canadá y Estados Unidos firmaron el 29 de junio de 2016 la Declaración de Líderes de América del Norte sobre la Alianza del clima, energía limpia y medio ambiente (Presidencia de la República, 2016), a través de la cual se comprometieron a reducir sus emisiones de CH_4 en el sector petróleo y gas en un 40% a 45% para el año 2025.

Entre otras acciones para cumplir esa meta, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), organismo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales con la facultad de regular y supervisar las actividades e instalaciones del sector hidrocarburos en materia de seguridad industrial y operativa, y de protección ambiental, publicó el 6 de noviembre de 2018 en el Diario Oficial de la Federación las disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la prevención y el control integral de las emisiones de CH_4 del sector hidrocarburos en México (DOF, 2018).

Dicha regulación es el resultado de un trabajo de dos años que involucró a cerca de cincuenta funcionarios de la Agencia a lo largo del proceso de desarrollo del instrumento regulatorio, a funcionarios de otras dependencias del Gobierno Federal

como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Energía, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, entre otros, así como de expertos internacionales del *Center for Clean Air Policy*, *Clean Air Task Force* y *Environmental Defense Fund*. Estos últimos han acompañado a la ASEA durante todo el desarrollo de las disposiciones, colaborando particularmente en la identificación de las mejores prácticas y marcos regulatorios internacionales en la materia.

Este documento vinculante es aplicable desde la fecha de su publicación en toda la República Mexicana y establece las acciones y los mecanismos que los operadores del sector hidrocarburos deben adoptar para disminuir sus emisiones de CH_4 al realizar actividades a lo largo de toda la cadena de valor del sector hidrocarburos.

Los lineamientos establecen que los operadores deben elaborar un diagnóstico de las emisiones de CH_4 que generan, procediendo a su identificación, clasificación y cuantificación. La primera cuantificación de las emisiones corresponderá al año base, a partir del cual se calcularán las reducciones efectuadas posteriormente. Lo anterior se reportará a la Agencia a través de un Programa para la Prevención y el Control Integral de las Emisiones de Metano del Sector Hidrocarburos.

El Programa para la Prevención y el Control Integral de las Emisiones de Metano del Sector Hidrocarburos (PPCIEM) es el documento a través del cual los operadores informarán de las acciones que se implementarán por instalación para disminuir las emisiones de metano. Ello permitirá conocer con mayor grado de precisión las emisiones reales, toda vez que la empresa productiva del Estado, Petróleos Mexicanos, reportaba previamente sus emisiones por unidad productiva, la cual podía considerar diversas instalaciones. El PPCIEM deberá ser elaborado antes del 6 de noviembre de 2019 en el caso de las instalaciones existentes y, para las instalaciones nuevas, en un plazo de doce meses después de su entrada en operación. Deberá ser dictaminado por un tercero autorizado por la Agencia, y entregado a los tres meses; es decir que las instalaciones existentes deberán presentar su PPCIEM a la Agencia a más tardar en febrero del 2020.

En el título tercero de la regulación, se presentan diversas acciones específicas para disminuir las emisiones de CH_4 como, por ejemplo, la instalación de Sistemas de Recuperación de Vapores (SRV), los cuales permiten captar los vapores, pero también los gases, emitidos por un equipo o un proceso. También se solicitan medidas diversas para disminuir las emisiones provenientes de algunos equipos (bombas neumáticas, compresores, controladores neumáticos, deshidratadores, válvulas de corte, separadores y tanques, etc.) y operaciones (estimulación y terminación de pozos, descarga de líquidos, entre otros). También reglamenta la destrucción de los gases, solicitando una eficiencia de 90% en las actividades de exploración y extracción, y del 98% en el resto de la cadena de valor; en efecto, la quema o destrucción eficiente del gas natural (conocido como *flaring* en inglés) permite la emisión de bióxido de carbono (CO_2) en lugar de CH_4, un gas con mucho menor potencial de calentamiento. En complemento de las Disposiciones que regulan las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos de manera convencional (DOF, 2016) y no convencional (DOF, 2017) que limitan el venteo (emisión deliberada y controlada de gases y vapores a la atmósfera para disminuir la presión en un sistema), estas disposiciones solicitan la instalación de sistemas cerrados de venteo (el venteo ya no se realiza directamente

a la atmósfera sino que se recuperan los gases) en ciertas actividades que podrían requerir de la liberación de gases. Finalmente, la regulación incentiva a los regulados a utilizar tecnologías que maximizan la detección de fugas y abre la puerta a nuevas tecnologías que tengan un mejor desempeño. De esta manera, se cumplen y superan todas las recomendaciones emitidas por el IPCC en su Quinto Reporte (2014).

El Título cuarto plantea diversas disposiciones para que los operadores mejoren continuamente la prevención y el control de las emisiones de metano, gracias al establecimiento anual de acciones, tiempos y porcentajes estimados de reducción, así como de la evaluación interna para determinar el avance de esas acciones, y del reporte anual a la Agencia del cumplimiento del PPCIEM.

Con esta regulación, los beneficios serán múltiples:

(i) Se contará con una cuantificación precisa de las emisiones de CH_4 en el sector, con lo cual se le puede dar seguimiento a las metas y compromisos de reducción de emisiones;

(ii) Se desarrollará la capacitación de los regulados en materia de emisiones de metano;

(iii) Los nuevos proyectos del sector hidrocarburos deberán contar desde un inicio con las mejores prácticas en materia de control de emisiones de metano, mientras que los proyectos en curso dispondrán de un tiempo adecuado para adaptar sus instalaciones y prácticas para reducir sus emisiones de metano, entre otros.

Después de la presentación oficial de este instrumento regulatorio por el entonces Director Ejecutivo de la Agencia, el Ing. Carlos de Regules Ruiz-Funes, realizada el 14 de noviembre de 2018, el Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Rafael Pacchiano Alamán, aseguró que esta herramienta pone a México a la vanguardia, mientras que el Premio Nobel de Química 1995, el Dr. Mario Molina, resaltó la importancia de desarrollar políticas públicas para disminuir las emisiones de CCVC a la par con el $C0_2$.

Con esta regulación, México se posiciona como el tercer país en emitir una regulación nacional sobre emisiones de CH_4 en el sector hidrocarburos (después de Estados Unidos y de Canadá), y da un paso importante hacia la meta de reducción del 40-45% de sus emisiones de CH_4 en el sector hidrocarburos para el 2025 comprometida en la Declaración de Líderes de América del Norte sobre la Alianza del clima, energía limpia y medio ambiente. La publicación de dicha regulación puede considerarse entonces como un gran logro ambiental para la administración 2012 – 2018. Sin embargo, su adecuada implementación recaerá en la administración 2018 – 2024 y representa múltiples retos.

RETOS Y RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES DE REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES EN EL SECTOR HIDROCARBUROS MEXICANO

La acción regulatoria del Estado afecta a todos los sectores productivos, y esta afectación puede ser tanto positiva como negativa, una regulación puede impedir el desarrollo de todo un sector económico o permitir su crecimiento. Es por esto que la evaluación de la efectividad de la regulación, su actualización y su adecuada implementación deben ser actividades inherentes y constantes de los organismos que expiden dicha regulación.

A fin de que una medida regulatoria que el Estado emita obtenga los resultados esperados, es necesario instrumentar una implementación adecuada de dicha medida regulatoria. De acuerdo con la OCDE (2015): "El impacto de la política regulatoria puede mejorarse aún más al atender y resolver las debilidades en la implementación y aplicación de las regulaciones y utilizar nuevos enfoques en el diseño y emisión de la regulación como aquellos basados en la economía conductual".

Respecto a la regulación expedida para el control de las emisiones de CH_4 del sector hidrocarburos, México se enfrenta a un gran reto para su implementación, principalmente por la vastedad de las instalaciones que existen en el país, la antigüedad de éstas y por las diferentes actividades que lleva a cabo el sector. Adicionalmente, como resultado de la Reforma Energética impulsada por el gobierno en el sexenio pasado, se ha transitado de tener un solo operador petrolero, encargado de toda la cadena de valor desde la exploración hasta el expendio al público, a permitir la inversión privada nacional y extranjera en este sector, por lo que se abre la posibilidad de que se establezcan nuevas instalaciones en actividades tanto de exploración y extracción, como de almacenamiento, transporte, refinación y procesamiento de gas. La regulación para las emisiones de CH_4 establece que estas nuevas instalaciones deberán contemplar desde su diseño la instalación de tecnologías bajas en emisiones o de control, lo que las hará más limpias que las instalaciones actuales.

El modelo regulatorio que la ASEA ha desarrollado, prevé la participación de terceras partes (Terceros Autorizados) para llevar a cabo acciones de evaluación del cumplimiento de la regulación que expide. Estos Terceros son autorizados por la Agencia basándose en una regulación específica para tal fin y en convocatorias publicadas con los requerimientos que necesitan cumplir las compañías interesadas para ser autorizados. Los lineamientos para las emisiones de CH_4 contemplan la participación de Terceros para la dictaminación de dos actividades específicas: la integración del PPCIEM y la elaboración del Reporte Anual de Cumplimiento. Los operadores petroleros elaboran el PPCIEM, en el cual integran las acciones tecnológicas y operativas posibles para el control y reducción de emisiones de CH_4 de acuerdo al proceso y actividad que realizan; y evalúan la reducción de emisiones que obtendrán derivado de la implementación de dichas acciones. Cada año, los operadores deberán evaluar el avance en cumplimiento del Programa y las reducciones obtenidas, a fin de determinar si se está cumpliendo con el PPCIEM y, en dado caso, tomar las acciones correctivas que permitan el logro de la meta que determinaron. Del mismo modo, una vez cumplida la meta, los operadores deberán evaluar cada año que sus emisiones se conserven en el nivel de cumplimiento, o se tomen las medidas necesarias para disminuirlas nuevamente al nivel establecido.

Para que la implementación de esta regulación sea exitosa y se logre una reducción real en el nivel de emisiones de CH_4 del sector hidrocarburos, es imprescindible que se cuente con Terceros Autorizados que posean amplios conocimientos técnicos y una alta experiencia en los procesos e instalaciones del sector hidrocarburos contempladas en estos lineamientos, así como en la determinación y cuantificación de emisiones de metano, a fin de asegurar que realicen una correcta evaluación de las acciones de control y de la meta que propongan los operadores, así como de los avances que reporten anualmente. Debido a que los operadores podrán determinar si les es posible o no aplicar las acciones tecnológicas y operativas incluidas en la regulación, basados en aspectos técnicos o de seguridad, los Terceros Autorizados deberán ser capaces de evaluar los argumentos expresados por los operadores y determinar si las opciones son en realidad inviables o existe la posibilidad de acciones alternativas. Esta evaluación es primordial ya que de acuerdo con las opciones elegidas se podrá lograr una mayor o menor reducción de emisiones.

Otro punto lo constituyen las instalaciones nuevas, las cuales desde su diseño deberán contemplar ser bajas en emisiones, integrando en sus procesos las mejores tecnologías disponibles. Éstas también deberán realizar un diagnóstico de sus emisiones, el cual será su límite de emisiones para años posteriores, debiéndose mantener en este límite o por debajo de él. El Tercero Autorizado deberá evaluar el PPCIEM para instalaciones nuevas, determinando la validez de las emisiones del año base y el programa de detección y reparación de fugas, pero también deberá dictaminar los reportes anuales que le permitan ver que las emisiones se mantienen en el mismo nivel. Esto será también un reto ya que al poder incluir otras opciones tecnológicas diferentes a las establecidas en el lineamiento, los Terceros deberán mantenerse actualizados en sus conocimientos, principalmente porque podrán sugerirse tecnologías de punta, avances tecnológicos, nuevos procesos o materias primas que permitan la reducción de emisiones.

Adicionalmente, la Agencia deberá realizar un esfuerzo mayor para tener a los Terceros Autorizados necesarios que permitan dictaminar el gran número de PPCIEM que se espera elaboren durante 2019, los operadores petroleros a cargo de las instalaciones existentes del país y que están obligados a presentarlo el primer trimestre de 2020. Esto implica que la Agencia deberá realizar la convocatoria y evaluación de los posibles terceros en los tres primeros trimestres de 2019, a fin de que los operadores cuenten con la posibilidad de contratarlos a más tardar en el cuarto trimestre de 2019.

Independientemente de la existencia de Terceros Autorizados, la Agencia deberá contar con el personal de inspección y supervisión suficiente, capacitado en los procesos de las instalaciones y en la detección y cuantificación de las emisiones de metano, y contar con los equipos de detección necesarios, que permita corroborar que las acciones para el control de las emisiones y los cambios operativos propuestos en los PPCIEM presentados a la Agencia, se estén llevando a cabo y se estén logrando disminuciones en las emisiones detectadas en el diagnóstico que contiene el programa. Esto implica que la Agencia debe implementar de forma inmediata un programa de capacitación para su personal que le permita tener las capacidades necesarias en este mismo año, ya que como se mencionó anteriormente, los PPCIEM de las instalaciones existentes

estarán evaluándose en los primeros meses de 2020.

Otro aspecto que es relevante considerar son las sanciones que deberá imponer la Agencia para aquellos regulados que incumplan los tiempos marcados en la regulación para la elaboración de su PPCIEM, no establezcan correctamente sus metas de reducción, o no cumplan con el programa anual que determinen para sus instalaciones. No es claro bajo qué esquema estará la Agencia imponiendo sanciones, ya que los montos de las multas pueden ser muy altos si solamente se llegan a considerar las establecidas en la Ley de la ASEA. Hasta ahora, la ASEA ha dado preferencia a un esquema más conciliatorio mediante el cual se busca que los regulados cumplan con la regulación en vez de imponer multas o clausuras, excepto en casos graves de incumplimiento, a fin de que los recursos se utilicen para la mejora de las operaciones, sin embargo, en el caso de las emisiones de metano, el periodo de cumplimiento de las disposiciones es de cinco años, lo cual conlleva una vigilancia más estricta de las acciones si se quieren lograr las metas que se determinen. Una ventaja hacia el cumplimiento de los programas de control de emisiones es que la mayoría de las acciones planteadas para este fin son costo efectivas, por lo que la inversión se recupera con las ganancias obtenidas del aprovechamiento del gas recuperado, por lo que esto puede incentivar al cumplimiento de la regulación.

Por otra parte, es necesario que la Agencia establezca una metodología para la evaluación ex post de la regulación, mediante la cual se utilice la información que se recabe de los reportes anuales que entreguen los operadores a fin de determinar la eficacia que tenga para la reducción de las emisiones de CH_4 y, en un momento dado, se puedan hacer las adecuaciones a la regulación que permitan el logro del objetivo que se pretende lograr con su publicación. La OECD (2018) menciona que las evaluaciones ex post y los mecanismos de supervisión permiten contar con un marco regulatorio efectivo. La OECD (2012) también recomienda "llevar a cabo revisiones sistemáticas de la regulación significativa en contra de los objetivos de política definidos, incluida la consideración de costos y beneficios, para garantizar que las regulaciones permanecen actualizadas, con un costo justificado, rentable y consistente, y logran los objetivos previstos en la política". Si se quiere que este esfuerzo para disminuir las emisiones continúe y sea efectivo, y colabore al logro de las metas establecidas por México en su política, la Agencia deberá realizar las acciones indispensables a fin de que se utilice el diagnóstico que entreguen los operadores como una línea base de las emisiones del sector, se analicen y cuando sea posible, se verifiquen las emisiones en los años subsecuentes, y especialmente, se evalúen qué medidas de control y prevención están siendo efectivas y cuáles no, y se busquen alternativas que puedan reflejarse en las futuras revisiones de la regulación.

CONCLUSIÓN

El Informe especial del IPCC sobre las consecuencias de un aumento de la temperatura promedia global de 1.5°C destaca acertadamente la importancia de reducir rápidamente y drásticamente las emisiones de CH_4. Al tener un potencial de calentamiento mucho mayor al del CO_2, la mitigación de las emisiones de este gas podría tener, en efecto, repercusiones tangibles a corto plazo sobre la temperatura global.

Sin embargo, respecto a la generación de energía, dicho informe se refiere únicamente al uso de energías renovables, a la eficiencia energética y a la necesaria disminución de la demanda energética, en lugar de considerar realmente todos los aspectos de una transición energética verdadera, a saber: ¿Cómo disminuir las emisiones durante la actual generación de energía mientras, en paralelo, se llega a la generación "limpia" de energía?

El sector hidrocarburos, al ser uno de los principales emisores de CH_4, representa una gran oportunidad para ello. Además, se ha demostrado que la reducción de las emisiones en este sector es factible gracias a las tecnologías existentes y costo-efectiva en la mayoría de los casos. La detección y reparación de fugas, por ejemplo, permite una mayor conservación del producto a un costo muchas veces poco significativo.

En ese sentido, Estados Unidos y Canadá, junto con varios de sus respectivos estados y provincias, han sido pioneros al publicar reglas para disminuir las emisiones de CH_4 en la fase de exploración y extracción de hidrocarburos. Pero, con las disposiciones administrativas publicadas por la ASEA, México es el primer país en regular las emisiones más allá de la exploración y extracción de hidrocarburos, porque también se regulan los procesos industriales de transformación, el transporte, almacenamiento y distribución. De tener una adecuada implementación, dichas disposiciones permitirán una mejor cuantificación de las emisiones de metano, así como una reducción de las mismas en el sector hidrocarburos de México.

La capacitación del personal de la Agencia, la creación de una plataforma para homogeneizar la recepción de la información enviada por los operadores y para procesarla, el buen desempeño de los Terceros autorizados para evaluar los PPCIEM, la participación de la industria en el cumplimiento de las metas comprometidas y el precio del gas natural representan algunos de los principales retos para la adecuada implementación de este instrumento regulatorio. En el mejor de los casos, los resultados se empezarán a notar a partir del 2021, cuando se reporten las primeras variaciones de emisiones.

FUENTES DE CONSULTA

Alvarez, R. A., Pacala, S. W., Winebrake, J. J., Chameides, W. L., & Hamburg, S. P. (2012) Greater focus needed on methane leakage from natural gas infrastructure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Alvarez, R. A., Zavala-Araiza, D., Lyon, D. R., Allen, D. T., Barkley, Z. R., Brandt, A. R., & Kort, E. A. (2018) Assessment of methane emissions from the US oil and gas supply chain, Science, eaar7204.

Cain, M., Warwick, N. J., Fisher, R. E., Lowry, D., Lanoisellé, M., Nisbet, E. G., & Allen, G. (2017) A cautionary tale: A study of a methane enhancement over the North Sea. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *122*(14), 7630-7645.

DOF, (2016) Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y

Protección al Medio Ambiente para realizar las actividades de Reconocimiento y Exploración Superficial, Exploración y Extracción de Hidrocarburos. Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 9 de diciembre de 2016.

DOF, (2017) Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos en materia de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para realizar las actividades de Exploración y Extracción de Hidrocarburos en Yacimientos No Convencionales en tierra. Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 16 de marzo de 2017.

DOF, (2018) Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la prevención y el control integral de las emisiones de metano en el sector hidrocarburos. Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 6 de noviembre de 2018.

EIA, (2015) Annual Energy Outlook 2015. Recuperado el 29 de mayo de 2019 en: http://www.eia.gov/forecasts/AEO/pdf/0383(2015).pdf.

Etminan, M., Myhre, G., Highwood, E. J., & Shine, K. P. (2016) Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing. *Geophysical Research Letters*, *43*(24).

Howarth, R. W., Santoro, R., & Ingraffea, A. (2011) Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. *Climatic change*, *106*(4), 679.

IEA, (2017). World Energy Outlook 2017. IBSN PDF: 978-92-64-28230-8. Recuperado el 29 de mayo de 2019

INECC, (2013) Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2013. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Recuperado el 29 de mayo de 2019 en: https://www.gob.mx/inecc/documentos/tabla-del-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-2013

IPCC, (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp

IPCC, (2014) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, (2018) Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Jeong, S., Hsu, Y. K., Andrews, A. E., Bianco, L., Vaca, P., Wilczak, J. M., & Fischer, M. L. (2013) A multitower measurement network estimate of California's methane emissions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *118*(19), 11-339.

Johnson, M. R., Tyner, D. R., Conley, S., Schwietzke, S., & Zavala-Araiza, D. (2017) Comparisons of airborne measurements and inventory estimates of methane emissions in the Alberta upstream oil and gas sector. *Environmental Science & Technology*, *51*(21), 13008-13017.

Karion, A., Sweeney, C., Kort, E. A., Shepson, P. B., Brewer, A., Cambaliza, M,&Herndon, S. C. (2015) Aircraft-based estimate of total methane emissions from the Barnett Shale region. *Environmental science & technology*, *49*(13), 8124-8131.

Kort, E. A., Frankenberg, C., Costigan, K. R., Lindenmaier, R., Dubey, M. K., & Wunch, D. (2014) Four corners: The largest US methane anomaly viewed from space. *Geophysical Research Letters*, *41*(19), 6898-6903.

Le Bail, M. Muñoz Sevilla, N. P. y Llanes Herrera, D. L. (2017) Reforma Energética en México: Una oportunidad para la mitigación de los gases de efecto invernadero en el sector hidrocarburos. En: José Clemente Rueda Abad, Carlos Gay García y Benjamín Ortiz Espejel (Coords). La Gobernanza Climática en México: Aportes para la consolidación estructural de la participación ciudadana en la política climática nacional. Volumen I: Diagnósticos. Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Investigación en Cambio Climático. ISBN del volumen: 978-607-02-9771-7

Lyon, D. R., Alvarez, R. A., Zavala-Araiza, D., Brandt, A. R., Jackson, R. B., & Hamburg, S. P. (2016) Aerial surveys of elevated hydrocarbon emissions from oil and gas production sites. *Environmental science & technology*, *50*(9), 4877-4886.

OCDE (2015) *Panorama de Política Regulatoria OCDE 2015. Resumen Ejecutivo y Perfil y Desempeño de México.* París: OCDE Publishing. Disponible en: http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/Panorama-de-Pol%C3%ADtica-Regulatoria-SP-Web.pdf Recuperado 29 de mayo de 2019

OECD (2012) *Recommendation of the Council on Regulatory Policy and Governance*. París: OCDE Publishing. Disponible en: http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/49990817.pdf Recuperado 29 de mayo de 2019

OECD (2018) *OECD Regulatory Policy Outlook 2018*. París: OCDE Publishing. Disponible en: https://doi.org/10.17897/9789264303072-en Recuperado 29 de mayo de 2019

Omara, M., Sullivan, M. R., Li, X., Subramanian, R., Robinson, A. L., & Presto, A. A. (2016) Methane emissions from conventional and unconventional natural gas production sites in the Marcellus Shale Basin. *Environmental science & technology*, *50*(4), 2099-2107.

Presidencia de la República, (2016) Declaración de Líderes de América del Norte sobre la Alianza del clima, energía limpia y medio ambiente. Recuperado el 26 de febrero de 2017 en: https://www.gob.mx/presidencia/documentos/declaracion-de-lideres-de-america-del-norte-sobre-la-alianza-del-clima-energia-limpia-y-medio-ambiente Recuperado 29 de mayo de 2019

Shoemaker, J. K., Schrag, D. P., Molina, M. J., & Ramanathan, V. (2013) What role for short-lived climate pollutants in mitigation policy? *Science*, *342*(6164), 1323-1324.

Smith, M. L., Kort, E. A., Karion, A., Sweeney, C., Herndon, S. C., & Yacovitch, T. I. (2015) Airborne ethane observations in the Barnett Shale: Quantification of ethane flux and attribution of methane emissions. *Environmental science & technology*, *49*(13), 8158-8166.

Yacovitch, T. I., Neininger, B., Herndon, S. C., van der Gon, H. D., Jonkers, S., Hulskotte, J.,&Zavala-Araiza, D. (2018) Methane emissions in the Netherlands: The Groningen field. *Elem Sci Anth*, *6*(1).

Zavala-Araiza, D., & Terrés, J. J. C. (2017) Gestión de impacto socio-ambiental: hacia una sustentabilidad integral. *Revista Espaço Acadêmico*, *16*(191), 45-56.

Zavala-Araiza, D., Alvarez, R. A., Lyon, D. R., Allen, D. T., Marchese, A. J., Zimmerle, D. J., & Hamburg, S. P. (2017) Super-emitters in natural gas infrastructure are caused by abnormal process conditions. *Nature communications*, *8*, 14012.

Zavala-Araiza, D., Lyon, D. R., Alvarez, R. A., Davis, K. J., Harriss, R., Herndon, S. C., ... & Marchese, A. J. (2015) Reconciling divergent estimates of oil and gas methane emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(51), 15597-15602.

Capítulo 5

Reflexión a vuelo de pájaro: las ciudades a 1.5°C: ¿visión tecnócrata o transición oportuna de equidad social?

Jorge Escandón Calderón.

RESUMEN.

En el presente artículo, se revisa las implicaciones de la Meta de 1.5°C del Acuerdo de París en contextos urbanos. Los sistemas urbanos pueden aprovechar la mega tendencia de urbanización y el creciente compromiso subnacional hacia ciudades inteligentes, verdes, resilientes, sostenibles y adaptativas, para el tipo de cambio transformador requerido por vías consistentes para 1.5°C. Esto también implica que las ciudades en vez de ser espacios de desigualdades extremas, se consoliden como ciudades democráticas, con participación social activa y sobretodo con elementos de justicia social.

Palabras clave: Acuerdo de Paris; ciudad; gobernanza; equidad.

ABSTRACT.

In the present article, we review the implications of the 1.5°C Goal of the Paris Agreement in urban contexts. Urban systems can take advantage of the mega urbanization trends and the growing subnational commitment towards intelligent, green, resilient, sustainable and adaptive cities, for the type of transformative change required by consistent 1.5°C routes. This also implies that cities, instead of being spaces of extreme inequalities, consolidate as democratic cities, with active social participation and above all with elements of social justice.

Keywords: Paris Agreement, city, governance, equity

INTRODUCCIÓN.

Con la adopción del Acuerdo de París, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) invitó al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) a presentar un Informe Especial (SR) en 2018 sobre "los impactos del calentamiento global de 1.5°C por encima de los niveles preindustriales y las vías relacionadas con las emisiones globales de gases de efecto invernadero". La solicitud fue que el informe, conocido como Reporte Especial 1.5°C (SR1.5°C), no solo debería evaluar cómo se vería un mundo más cálido de 1.5°C, sino también las diferentes vías por las cuales el aumento de la temperatura global podría limitarse a 1.5°C. En 2016,

el IPCC aceptó la invitación, y agregó que el Reporte Especial también analizaría estas cuestiones en el contexto del fortalecimiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza.

El SR (IPCC, 2018) acerca del calentamiento global a 1.5˚C sobre los niveles pre-industriales vinculado a las tendencias de emisiones de gases de efecto invernadero (publicado en noviembre del 2018), reafirma con mayor nivel de confiabilidad lo que se ha publicado en los reportes del IPCC en años anteriores, es decir, que la influencia humana sobre el clima es relativamente reciente y está asociada principalmente con el desarrollo de combustibles fósiles, la agricultura y la deforestación desde aproximadamente 1850.

La combinación de la creciente exposición al cambio climático y el hecho de que hay una capacidad limitada para adaptarse a sus impactos, amplifican los riesgos planteados por el calentamiento de 1.5°C y 2°C a escala global (IPCC, 2018). Las políticas que subyacen a las tendencias de emisión son claras: una economía global que depende del petróleo, el carbón y el gas, la construcción de cemento y la ganadería, la conversión de los bosques en tierras de cultivo y madera comercial, combustibles, asentamientos. Una economía política global de emisiones asociada con la globalización como sistema económico que sintetiza el capitalismo y el colonialismo, así como una industria multinacional de combustibles fósiles apoyada por los estados a través de subsidios, guerras e intereses especiales (Liverman, 2014).

RESPONSABILIDAD POR LAS EMISIONES.

El descalabro del Protocolo de Kioto tomando como referencia un porcentaje de 5% de disminución con respecto a la década de 1990, fue el primer instrumento que intentó tener compromisos vinculantes en cuanto a disminución de emisiones. Al no ser ratificado por EUA como principal emisor de gases de efecto invernadero (GEI), sentó precedentes para aniquilar todo tipo de esfuerzos para buscar compromisos a escala internacional. La tensión constante de las negociaciones internacionales por parte de los gobiernos estatales ha tenido efectos que se reflejan en la tendencia alcista en relación a la emisión de GEI durante los últimos 30 años (Liverman, 2014).

Los debates sobre las responsabilidades del cambio climático contrastan el papel del norte y el sur; ricos y pobres; empresas, individuos y gobiernos, basándose en una gran variedad de cálculos y reclamos. Por ejemplo, diferentes patrones de emisiones y responsabilidades de distintos países están asociados con las “emisiones históricas” (emisiones acumuladas), las “emisiones per cápita” (emisiones promedio por persona) y las “emisiones actuales”. El documento de referencia de 1991 “El calentamiento global en un mundo desigual: un caso de colonialismo ambiental” defendió una distinción entre emisiones de “supervivencia” y emisiones de “lujo” que proporcionaría a los pobres el derecho a las emisiones necesarias para la seguridad humana básica, pero exigía penalizar las altas emisiones per cápita de consumo excesivo de personas y países más ricos (Agarwal y Narain 1991). Estos referentes tienen vigencia en la actualidad.

ACUERDO DE PARÍS: ¿ES SUFICIENTE PARA CAMBIAR LAS TENDENCIAS ACTUALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL?

Haciendo memoria me permito recordar que en 2005 que al no concretarse el Protocolo de Kioto, resultó conveniente en 2009 plantear la meta de no rebasar para 2100 los 2°C de aumento en la temperatura media global, respecto a niveles preindustriales para fomentar la movilización internacional hacia un mismo objetivo de reducción de emisiones de GEI. Uno de los avances novedosos en el 2015 retomados en el Acuerdo de París, fue poner como instrumento en el centro de este acuerdo las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (Intended National Determined Contributions (INDC, por sus siglas en inglés), las cuales son elaboradas domésticamente y proyectan la cantidad de emisiones de GEI por país, teniendo en cuenta procesos internos e internacionales y cumpliendo con lo esperado en términos de ambición para la estabilización de la temperatura media global (Gay, et. al., 2016). A pesar de que difieren en números, todos los estudios concluyen que los INDC presentados en 2015 no son suficientes para estar dentro de la ruta de estabilización de la temperatura en 2030 (Climate Interactive, 2015; Danish Energy Agency, 2015; European Comission, 2015; International Energy Agency, 2015; Spencer y Pierfederici, 2015).

Para finales del 2030 la disparidad en las emisiones es considerablemente grande, 12 GtCO2e para los INDC condicionales y 14 GtCO2e para los incondicionales (Gay, et. al., 2016). Si se busca alcanzar la estabilización a 2 oC, la tasa de crecimiento de emisiones posterior al 2030 tendría que ser de alrededor de -4.6% anual (Jones et al., 2016), lo que implicaría cambiar drásticamente la infraestructura energética, prácticas agrícolas y hábitos de consumo para limitar las emisiones al presupuesto de carbono restante (Gay, et. al., 2016).

Cabe mencionar que países como México, pese a tener una participación muy activa en los foros internacionales e incluso ser considerado un país que lleva vanguardia en términos de sus diseños de política de cambio climático, están como participantes dependientes de las medidas de disminución implementadas por los grandes emisores históricos y contemporáneos, principalmente de los gobiernos estatales de China y EUA, entre otros.

El SR1.5°C menciona tres escenarios tomando en referencia lo que puede pasar con el Acuerdo de Paris.

- **ESCENARIO 1)** En 2020, se lleva a cabo una fuerte participación y apoyo para el Acuerdo de París y sus ambiciosos objetivos para reducir las emisiones de CO_2 por parte de una comunidad internacional, de manera casi unánime se negocia un marco de tiempo para el alcance de las emisiones netas “cero”, que es compatible con la detención del calentamiento de la temperatura global a 1.5°C para 2100 (SR1.5°C, IPCC, 2018).
- **ESCENARIO 2)** La comunidad internacional continúa apoyando en gran medida el Acuerdo de París y acuerda en 2020 los objetivos de reducción para las emisiones de CO_2 y los plazos para las emisiones netas cero. Sin embargo, estos objetivos no son lo suficientemente ambiciosos como para alcanzar la estabilización a 2°C de

calentamiento, por no hablar de 1.5°C (SR1.5°C IPCC, 2018).

- **ESCENARIO 3)** En 2020, a pesar de las promesas anteriores, el apoyo internacional para el Acuerdo de París comienza a disminuir. En los años siguientes, las emisiones de CO_2 se reducen a nivel local y nacional, pero los esfuerzos son limitados y no siempre tienen éxito, por lo que hay riesgo de que la temperatura siga elevándose sobre los 2 °C de calentamiento (SR1.5°C IPCC, 2018).

Pese a la incertidumbre con respecto a estos escenarios, así como a las limitaciones de las INDC, hay otros procesos que tienen una contribución potencial en la estabilización de temperatura. Entre estos podemos mencionar el potencial del Protocolo de Montreal para lograr una disminución de 0.5°C (WMO, 2018), la recuperación de masas boscosas en los últimos veinte años en China e India (Chen et. al., 2019), así como los acuerdos a escalas subnacionales de grandes ciudades del mundo (Castán Broto, 2017).

CIUDADES A 1.5 °C Y ESTADO DE AVANCE EN LAS POLÍTICAS.

Para mediados de este siglo, habrá aproximadamente 70 millones de residentes urbanos adicionales cada año (ONU, 2014). Para 2050, se estima que tres mil millones de personas vivirán en barrios marginales y asentamientos informales: barrios sin gobierno formal, en desarrollos de tierras con zonificación no adecuada y en lugares que están expuestos a peligros relacionados con el clima (Bai et al., 2018). La mayoría de estos nuevos ciudadanos urbanos residirán en ciudades pequeñas y medianas en países de ingresos bajos y medios (IPCC, 2018). La combinación de urbanización y desarrollo económico y de infraestructura en condiciones usuales, podría representar 226 $GtCO_2$ adicionales para 2050 (Bai et al. 2018).

Los eventos extremos relacionados con el calor (Matthews et al., 2017), la variabilidad en la precipitación (Yu et al., 11 2018) y el aumento del nivel del mar pueden afectar directamente las áreas urbanas (Bader et al., 2018). Los riesgos indirectos pueden surgir de las interacciones entre la urbanización y los sistemas naturales. Se proyecta que las áreas urbanas costeras verán niveles de agua más extremos debido al aumento en los niveles del mar (ANM), lo que puede provocar un aumento de las inundaciones y daños a la infraestructura debido a eventos extremos (a menos que se realicen medidas urgentes de adaptación), además de la salinización de las aguas subterráneas (SR1.5°C IPCC, 2018). Al menos 136 megaciudades (ciudades portuarias con una población superior a 1 millón en 2005) corren el riesgo de inundaciones debido al aumento del nivel del mar (con magnitudes de aumento posibles por debajo de 1.5°C o 2°C en el siglo XXI) a menos que se realice una adaptación adicional (Hanson et al., 2011; Hallegatte et al., 2013). Muchas de estas ciudades están ubicadas en el sur y sureste de Asia (Hallegatte et al., 2013; Cazenave y Cozannet, 2014; Clark et al., 2016; Jevrejeva et al., 2016). Así, el aumento del nivel del mar se compromete a una adaptación a largo plazo en las ciudades costeras (SR1.5°C IPCC, 2018).

Existe nueva literatura sobre el cambio climático urbano y sus impactos y riesgos diferenciales para los sectores de infraestructura (energía, agua, transporte, edificios) y las poblaciones vulnerables, incluidas las que viven en asentamientos informales (SR1.5°C IPCC, 2018). Sin embargo, hay poca literatura sobre los riesgos de calentamiento de 1.5°C y 2°C en áreas urbanas.

El calentamiento futuro y la expansión urbana podrían llevar a un estrés por calor más extremo (Argüeso et al., 2015; Suzuki-15 Parker et al., 2015). A 1.5°C, el doble de megaciudades (como Lagos, Nigeria y Shanghai, China) podría sufrir estrés por calor (islas de calor urbano) (UHI, por sus siglas en inglés), exponiendo a más de 350 millones de personas a un calor mortal para 2050 bajo el crecimiento de la población de rango medio. Sin considerar las opciones de adaptación, tales como el enfriamiento de techos más reflectantes y las características generales de las aglomeraciones urbanas en términos de uso del suelo, zonificación y códigos de construcción (SR1.5°C IPCC, 2018), a 2°C de calentamiento, en ciudades como Karachi (Pakistán) y Calcuta (India) se podrían esperar condiciones anuales equivalentes a las olas de calor mortales de 2015 (Akbari et al., 2009; Oleson et al., 2010; Matthews et al., 2017). Se espera que el calentamiento de 2°C aumente los riesgos de las olas de calor en las aglomeraciones urbanas de China (Yu y Zhai, 2018).

La estabilización a 1.5 °C podría disminuir la mortalidad relacionada con la temperatura extrema en comparación con la estabilización a 2°C para ciudades europeas clave, suponiendo que no haya adaptación y vulnerabilidad constante (Jacob et al., 2018; Mitchell et al., 2018). Mantener el cambio de temperatura por debajo de 2°C, teniendo en cuenta las UHI, podría resultar en un aumento sustancial en la ocurrencia eventos letales sobre poblaciones vulnerables en las ciudades. Se puede afirmar que los impactos son similares a 1.5°C y 2°C, siendo ambos sustancialmente más grandes que con el clima actual (Matthews 27 et al., 2017; Yu et al., 2018).

Para los eventos de calor extremo, un calentamiento adicional de 0.5°C implica un cambio de los límites superiores de la variabilidad natural observada a un nuevo régimen climático global (Schleussner et al., 2016b), con implicaciones diferenciales para los pobres urbanos (Revi et al., 2014; Jean-Baptiste et al., 2018; SR1.5°C IPCC, 2018). Los impactos adversos de los eventos extremos podrían surgir en las zonas costeras tropicales de África, América del Sur y el sudeste asiático (Schleussner et al., 2016b), con grandes asentamientos informales y otras poblaciones urbanas vulnerables, considerando también impactos en la infraestructura urbana relacionada con: energía, agua, transporte y edificios (McGranahan et al., 2007; Hallegatte et al., 2013; Revi et al., 2014; SR1.5°C IPCC, 2018).

Las ciudades también son lugares donde los riesgos asociados con el calentamiento de 1.5°C, como el estrés por calor, las inundaciones terrestres y costeras, los nuevos vectores de enfermedades, la contaminación del aire y la escasez de agua, se incrementarán (Dodman et al., 2017; Satterthwaite y Bartlett, 2017). A menos que los esfuerzos de adaptación y mitigación se diseñen en torno a la necesidad de descarbonizar las sociedades urbanas en el mundo desarrollado y proporcionar soluciones con bajas emisiones de carbono a las necesidades de las poblaciones urbanas en crecimiento en los países en desarrollo, lucharán para lograr el ritmo o la escala de cambio requerida por vías coherentes para 1.5°C (Hallegatte et al., 2013; Villarroel

Walker et al., 2014; Roberts, 2016; Solecki et al., 2018). El ritmo y la escala de las respuestas climáticas urbanas se pueden mejorar prestando atención a la equidad social (incluida la equidad de género), la ecología urbana (Brown y McGranahan, 2016; Wachsmuth et al., 2016; Ziervogel et al., 2016) y la participación en los subgrupos redes nacionales para la acción climática (Cole, 2015; Jordan et al., 2015).

Sin embargo, los sistemas urbanos pueden aprovechar las mega tendencias de urbanización, digitalización, financiarización y el creciente compromiso subnacional con ciudades inteligentes, ciudades verdes, ciudades resilientes, ciudades sostenibles y ciudades adaptativas, para el tipo de cambio transformador requerido por vías consistentes para 1.5°C (Revi y Rosenzweig, 2013; Parag y Sovacool, 2016; Roberts, 2016; Wachsmuth et al., 2016; Revi, 2017; Solecki et al., 2018).

Tomando como fecha límite de referencia para una transición en el metabolismo urbano mundial acorde con la limitación de alcanzar el 1.5° C implica:

- Que las emisiones del stock mundial de edificios en vigor deberán ser un 80-90%, más bajas que las actuales.
- Aproximadamente una reducción del 30% en el uso de energía final por parte del sector del transporte.
- Que las energías renovables suministran el 70-85% de la electricidad sin excedentes limitados.

Existe un número creciente de respuestas al clima urbano impulsadas por consideraciones de eficiencia, desarrollo, creación de trabajo e inclusión (Revi et al., 2014a; Villarroel Walker et al., 2014; Kennedy et al., 2015; Rodríguez, 2015; Newman et al., 2017; ONU-Hábitat, 2017). Además, las ciudades bajas en carbono podrían reducir la necesidad de implementar opciones de geoingeniería vinculadas con remoción de dióxido de carbono (CDR) y modificación de radiación solar (SRM) (Fink, 2013; Thomson y Newman, 2016).

OTRO TIPO DE ACUERDOS INTERNACIONALES Y GOBERNANZA MULTINIVEL.

La combinación de enfoques voluntarios para la política de cambio climático y un interés creciente en la acción local, ha apoyado una política de cambio climático en la que múltiples formas de gobierno, además de una comprensión regulatoria del gobierno, desempeñan un papel fundamental (Newell, Pattberg y Schroeder, 2012).). La gobernanza se relaciona con los mecanismos dirigidos hacia la coordinación de múltiples formas de acción estatal y no estatal (Rosenau, 2000). En este sentido, la gobernanza implica un reconocimiento de los múltiples actores que intervienen en la dirección intencional de la sociedad hacia objetivos con bajo contenido de carbono, resilientes o sostenibles (Newell et al., 2012; Okereke, Bulkeley y Schroeder, 2009).

Para los debates sobre las ciudades y el cambio climático, esto significa, primero, un reconocimiento del papel de los gobiernos locales junto con otras formas

de control estatal; y segundo, un giro de la atención hacia los múltiples actores que intervienen directamente o mediante acuerdos híbridos en la gobernanza urbana, incluidos el sector empresarial, las asociaciones público-privadas, las organizaciones de la sociedad civil y los grupos comunitarios, y otras redes diversas de actores que cambian rutinariamente las trayectorias urbanas (Castán Broto, 2017). Los esfuerzos para controlar el cambio climático en las ciudades también están creando nuevas formas de gobierno transnacional (Bulkeley, Andonova et al., 2014).

En términos generales, existe una división entre ciudades con altos niveles de consumo y aquellas en las que la mayoría de la población vive en asentamientos informales o áreas con grandes deficiencias en la prestación de servicios. Esto resalta diferencias entre los lugares donde las prioridades de la gobernanza del cambio climático son reducir las emisiones y aquellos donde la prioridad es reducir las vulnerabilidades estructurales. Sin embargo, las diferencias entre poblaciones también pueden existir dentro de una sola ciudad (Castán Broto, 2017). Al aceptar la acción del cambio climático como un imperativo, la pregunta es cómo mejorar los procesos de gobernanza urbana para enfrentarlo. La gobernanza en red o multinivel se ha convertido en el mecanismo clave mediante el cual las ciudades hacen visible su influencia en las políticas transnacionales sobre el cambio climático.

La literatura ha propuesto la gobernanza multinivel en el cambio climático como un facilitador para la transformación sistémica y la gobernanza efectiva, ya que se piensa que el concepto permite combinar decisiones de todos los niveles, sectores y tipos institucionales al mismo nivel (Romero-Lankao et al., 2018). Desde 2005, las ciudades han emergido como un lugar de innovación climática institucional y de gobierno (Melica et al., 2018) y están impulsando respuestas al cambio climático (Roberts, 2016) (Ver tabla 1).

Muchas ciudades han adoptado objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) más ambiciosos que los países (Kona et al., 2018), con un compromiso general de alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de GEI para el año 2020 de 27%, casi 7 puntos porcentuales más que el objetivo mínimo para 2020 (Kona et al., 2018).

El Pacto de los Alcaldes (CoM) es una iniciativa en la que los municipios se comprometen voluntariamente a reducir las emisiones de CO_2. La participación de los pequeños municipios se ha visto facilitada por el desarrollo y prueba de un nuevo modelo de gobernanza multinivel que involucra a los Coordinadores del Pacto Territorial (CTC), es decir, provincias y regiones, que se comprometieron a proporcionar orientación estratégica, apoyo financiero y técnico a los municipios en sus territorios.

Con respecto a la Unión Europea, los resultados de los 315 inventarios de monitoreo presentados muestran el logro de una reducción del 23% en las emisiones (en comparación con el año promedio de 2005) de más de la mitad de las ciudades bajo un esquema CTC (Kona et al., 2018). La Provincia de Foggia, actuando como un CTC, brindó apoyo a 36 municipios para participar en el CdM y para preparar Planes de Acción de Energía Sostenible (PAES). La Provincia desarrolló un enfoque común para preparar los PAES, proporcionó datos para compilar inventarios de emisiones municipales (Bertoldi et al., 2018) y guio al firmante para identificar una combinación

adecuada de medidas para el programa de disminución de emisiones de GEI. La Cámara de Comercio local también tuvo un papel clave en la implementación de estos proyectos por parte de los municipios (Lombardi et al., 2016). La acción conjunta de la provincia y los municipios en colaboración con la comunidad empresarial local podría considerarse un ejemplo de gobernanza multinivel (Lombardi et al., 2016).

Tabla 1. Redes de ciudades y escalas subnacionales de gobernanza climática multinivel.

Nombre	Se describen como:
ICLEI-Local Governments for Sustainability iclei.org	"La red global líder de más de 1,500 ciudades, pueblos y regiones comprometidas a construir un futuro sustentable"
Ciudades C40-Climate Leadership Group10.org	"Una red de las megaciudades del mundo [83] comprometidas en atender el cambio climático"
The World Mayors Council on Climate Change worldmayorscouncil.org	"Una alianza de líderes de gobierno local preocupados del cambio climático"
United Cities and Local Governments (UCGL) ucgl.org	"Representa y defiende los intereses de gobiernos locales en el escenario del mundo, sin importar del tamaño de las comunidades a las que sirven"
Global Network of Regional Governments for Sustainable Development (NRG4SD) nrg4sd.org	"Una organización internacional sin ánimo de lucro que representa gobiernos subnacionales y asociaciones de gobiernos subnacionales a un nivel global"
R20 Regions of Climate Action Regons20. org	"R20 es una coalición de socios encabezados por gobiernos regionales que trabajan para promover e implantar proyectos que estén diseñados para producir beneficios locales económicos y ambientales"
Energy Cities energy.cities.eu	"La Asociación Europea de autoridades locales en transición energética"
Covenent of Mayors covenantofmayors.eu	"Autoridades locales firmantes comparten una visión para hacer ciudades descarbonizadas y resilientes donde los ciudadanos tengan acceso a energía segura, sustentable y asequible"
Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN) acccrn.org	"Una iniciativa multianual para reforzar la capacidad de alrededor de 50 ciudades en rápida urbanización en Bangladesh, India, Indonesia, las Filipinas, Tailandia y Vietnam para sobrevivir, adaptarse y transformarse ante estrés y golpes relacionados con el clima"
Japan, the Coalition of Local Governments for Environmental Initiative (COLGEI) Colgei.org	Es una red de miembros representando gobiernos locales en Japón

Fuente Elaboración propia con información de Castrán Broto, 2017).

Los investigadores han indagado en formas de colaboración dentro de gobiernos locales, con la participación activa de ciudadanos y partes interesadas, y reconocen que la aceptación del público es clave para la implementación exitosa de las políticas (Larsen y Gunnarsson-Östling, 2009; Musall y Kuik, 2011; Pollak et al., 2011; Christoforidis et al., 2013; Pasimeni et al., 2014; Lee and Painter, 2015). Lograr

objetivos ambiciosos requeriría liderazgo, una mejor gobernanza multinivel, una visión y una participación generalizada en el cambio transformador (Castán Broto y Bulkeley, 2013; Rosenzweig et al., 2015; Castán Broto, 2017; Fazey et al., 2017; Wamsler, 2017; Romero-Lankao et al., 2018). Los estudios de caso de vías de desarrollo resilientes al clima, a escala estatal y comunitaria, muestran que la participación, el aprendizaje social y la toma de decisiones iterativas son características de gobernabilidad de las estrategias que brindan mitigación, adaptación y desarrollo sostenible de manera justa y de manera equitativa (IPCC, 2018). Otras ideas incluyen que los cambios voluntarios incrementales se amplifican a través de redes comunitarias, gobernanza policéntrica (Dorsch y Flachsland, 2017) y asociaciones y cambio a largo plazo de los sistemas de gobernanza en múltiples niveles (Stevenson y Dryzek, 2014; Lövbrand et al., 2017; Pichler et al., 2017; Termeer et al., 2017).

EQUIDAD Y UN MUNDO MÁS CÁLIDO A 1.5 °C.

El SR1.5°C (IPCC, 2018) sugiere que la equidad, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza se entienden mejor como apoyo mutuo y dentro del contexto de la acción climática, los cuales a su vez están respaldados por otros instrumentos de derecho internacional (Denton et al., 2014; Fleurbaey et al., 2014; Klein et al., 2014; Olsson et al., 2014; Porter et al., 2014; Stavins et al., 2014). El objetivo del Acuerdo de París en virtud de la CMNUCC de "proseguir los esfuerzos para limitar" el aumento de las temperaturas mundiales a 1,5°C por encima de los niveles preindustriales, plantea preocupaciones éticas que durante mucho tiempo han sido fundamentales para los debates climáticos (Fleurbaey et al., 2014; Kolstad et al., 2014). El Acuerdo de París hace especial referencia al principio de equidad, en el contexto de objetivos internacionales más amplios de desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza. Cabe destacar que la equidad es un principio de larga trascendencia dentro del derecho internacional y en particular sobre el cambio climático (Dinah, 2008; Bodansky et al., 2017).

El SR1.5°C (IPCC, 2018) describe que la equidad tiene tres dimensiones: intergeneracional (equidad entre generaciones), internacional (equidad entre estados) y nacional (equidad entre individuos) (Fleurbaey et al., 2014). En general, se acuerda que el principio implica la justicia procesal (es decir, la participación en la toma de decisiones) y la justicia distributiva (es decir, cómo se distribuyen los costos y beneficios de las acciones climáticas) (Kolstad et al., 2014; Savaresi, 2016; Reckien et al., 2017). Las preocupaciones con respecto a la equidad con frecuencia han sido centrales en los debates sobre mitigación, adaptación y gobernanza climática (Caney, 2005; Schroeder et al., 2012; Ajibade, 2016; Reckien et al., 2017; Shue, 2018). Por lo tanto, la equidad proporciona un marco para comprender las asimetrías entre las distribuciones de beneficios y costos relevantes para la acción climática (Schleussner et al., 2016; Aaheim et al., 2017).

Se han observado cuatro asimetrías clave asociadas con las condiciones de un mundo más cálido a 1.5°C (Okereke, 2010; Harlan et al., 2015; Ajibade, 2016; Savaresi, 2016; Reckien et al., 2017) y se reflejan en la evaluación del informe (IPCC, 2018). La primera se refiere a las contribuciones diferenciales al problema; la observación de

que los beneficios de la industrialización se han distribuido de manera desigual y los que más se beneficiaron históricamente también han contribuido más al problema climático actual, por lo tanto tienen una mayor responsabilidad (Shue, 2013; Otto et al., 2017; Skeie et al., 2017). La segunda asimetría tiene que ver con el impacto diferencial; los peores impactos tienden a caer sobre los menos responsables del problema, dentro de los estados, entre los estados y entre las generaciones (Fleurbaey et al., 2014; Shue, 2014). La tercera asimetría se observa en la capacidad para configurar soluciones y estrategias de respuesta; de manera que en muchas ocasiones los estados, grupos e individuos más vulnerables a ser afectados no siempre están bien representados (Robinson y Shine, 2018). Cuarta, hay una asimetría en la capacidad de respuesta futura; algunos estados, grupos y lugares corren el riesgo de quedarse atrás a medida que el mundo avanza hacia una economía baja en carbono (Fleurbaey et al., 2014; Shue, 2014; Humphreys, 2017).

Existe una importante y creciente literatura sobre la mejor manera de ejecutar las consideraciones de equidad climática, basándose en otros conceptos mencionados en el Acuerdo de París, particularmente en referencia explícita a los derechos humanos (OHCHR, 2009; Caney, 2010; Adger et al., 2014; Fleurbaey et al. al., 2014; IBA, 2014; Knox, 2015; Duyck et al., 2018; Robinson and Shine, 2018). Los derechos humanos comprenden normas acordadas internacionalmente que se alinean con las ambiciones de París de erradicación de la pobreza, desarrollo sostenible y reducción de la vulnerabilidad (Caney, 2010; Fleurbaey et al., 2014; OHCHR, 2015). Además de definir los derechos sustantivos (como la vida, la salud y la vivienda) y los derechos procesales (como la información y la participación), los instrumentos de derechos humanos dan prioridad a los derechos de los marginados, los niños, las personas vulnerables, los indígenas, así como los discriminados por motivos de género, raza, edad o discapacidad (OHCHR, 2017). Varias obligaciones internacionales de derechos humanos que son relevantes para la implementación de acciones climáticas y en consonancia con los compromisos de la CMNUCC, podemos leerlas en las áreas de mitigación, adaptación, finanzas y transferencia de tecnología (Knox, 2015; OHCHR, 2015; Humphreys, 2017).

Gran parte de esta literatura es todavía nueva y está evolucionando (Holz et al., 2017; Dooley et al., 2018; Klinsky y Winkler, 2018), lo que permite que el informe SR5 examine algunas inquietudes de equidad más amplias planteadas por la posible falla de limitar el calentamiento a 1.5°C y por el rango de ambiciosos esfuerzos de mitigación que se pueden emprender para alcanzar ese límite. Cualquier comparación entre 1.5°C y niveles más altos de calentamiento implica evaluaciones de riesgo y juicios de valor y no puede reducirse directamente a un análisis de costo-beneficio (Kolstad et al., 2014).

CONCLUSIONES

Las situaciones políticas altamente disputadas como las que detonan en entornos urbanos en el contexto de cambio climático con urgencia de acciones de adaptación y mitigación, pueden preferir marcos tecnocráticos defendibles, por la necesidad de disminución de emisiones vinculada a patrones de consumo urbano. Sin

embargo, la justicia social inevitablemente imbuirá los debates políticos en torno a las transformaciones relacionadas con la meta del 1.5°C del Acuerdo de Paris, especialmente en el contexto de los efectos (re) distributivos. El reconocimiento y la atención inadecuados a estas dimensiones de justicia inherentes pueden provocar resistencias e incluso reacciones violentas contra la acción climática.

FUENTES DE CONSULTA

Aaheim, A., T. Wei, and B. Romstad, (2017) Conflicts of economic interests by limiting global warming to +3 °C. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 22(8), 1131-1148, doi:10.1007/s11027-4 016-9718-8.

Adger, W.N. et al., (2014) Human Security. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 755-791.

Agarwal, A. and S. Narain (1991) *Global Warming in an Unequal World: A Case of Environmental Colonialism*. New Delhi: Centre for Science and Environment.

Ajibade, I., (2016) Distributive justice and human rights in climate policy: the long road to Paris. Journal of Sustainable Development Law and Policy (The), 7(2), 65, doi:10.4314/jsdlp.v7i2.4.

Akbari, H., S. Menon, and A. Rosenfeld, (2009) Global cooling: Increasing world-wide urban albedos to offset CO 2. *Climatic Change***, 94(3-4)**, 275-286, doi:10.1007/s10584-008-9515-9.

Argüeso, D., J.P. Evans, A.J. Pitman, A. Di Luca, and A. Luca, (2015) Effects of city expansion on heat stress under climate change conditions. *PLOS ONE***, 10(2)**, e0117066, doi:10.1371/journal.pone.0117066.

Bader, D.A. et al., (2018) Urban Climate Science. *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Cliamte Change Research Network*, 27-60.

Bai, X. et al., (2018) Six research priorities for cities and climate change. *Nature***, 555(7694)**, 23-25, doi:10.1038/d41586-018-02409-z.

Bertoldi, P., A. Kona, S. Rivas, and J.F. Dallemand, (2018) Towards a global comprehensive and transparent framework for cities and local governments enabling an effective contribution to the Paris climate agreement. *Current Opinion in Environmental Sustainability***, 30**, 67-74, doi:10.1016/j.cosust.2018.03.009.

Bodansky, D., J. Brunnée, and L. Rajamani, (2017) International Climate Change Law. Oxford University Press, 416 pp.

Brown, D. and G. McGranahan, (2016) The urban informal economy, local inclusion and achieving a global green transformation. *Habitat International***, 53**, 97-105, doi:10.1016/j.habitatint.2015.11.002.

Caney, S., (2005) Cosmopolitan Justice, Responsibility, and Global Climate Change. Leiden Journal of International Law, 18(04), 747-75, doi:10.1017/S0922156505002992.

Caney, S., (2010) Climate change and the duties of the advantaged. Critical Review of International Social and Political Philosophy, 13(1), 203-228, doi:10.1080/13698230903326331.

Cazenave, A. and G. Cozannet, (2014) Sea level rise and its coastal impacts. *Earth's Future***, 2(2)**, 15-34, doi:10.1002/2013EF000188.

Chen Ch., T. Park, X. Wang, S. Piao, B. Xu, R. K. Chaturvedi, R. Fuchs, V. Brovkin, P. Ciais, R. Fensholt, H. Tømmervik, G. Bala, Z. Zhu, R. R. Nemani & R. B. Myneni (2019) China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability* **volume 2**, pages122–129

Christoforidis, G.C., K.C. Chatzisavvas, S. Lazarou, and C. Parisses, (2013) Covenant of Mayors initiative - Public perception issues and barriers in Greece. *Energy Policy***, 60**, 643-655, doi:10.1016/j.enpol.2013.05.079.

Clark, P.U. et al., (2016) Consequences of twenty-first-century policy for multi-millennial climate and sea-level change. *Nature Climate Change***, 6(4)**, 360-369, doi:10.1038/NCLIMATE2923.

Climate Interactive (2015). UN Climate pledge analysis. Recuperado de: https://www.climateinteractive.org/programs/scoreboard/ [Consultado mayo 2016]

Cole, D.H., (2015) Advantages of a polycentric approach to climate change policy. *Nature Climate Change***, 5(2)**, 114-118, doi:10.1038/nclimate2490.

Danish Energy Agency (2015). Analyzing the 2030 emissions gap. Recuperado de: http://www.ens.dk/en/node/6332 [Consultado mayo 2016]

Denton, F. et al., (2014) Climate-Resilient Pathways: Adaptation, Mitigation, and Sustainable Development. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and

New York, NY, USA, pp. 1101-1131.

Dinah, S., (2008) Equity. In: The Oxford Handbook of International Environmental Law [Bodansky, D., J. Brunnée, and E. Hey (eds.)]. Oxford University Press, Oxford, UK.

Dodman, D., S. Colenbrander, and D. Archer, (2017): Conclusion. In: *Responding to climate change in Asian cities: Governance for a more resilient urban future* [Archer, D., S. Colenbrander, and D. Dodman (eds.)]. Routledge Earthscan, Abingdon, UK.

Dooley, K., J. Gupta, and A. Patwardhan, (2018) INEA editorial: Achieving 1.5 °C and climate justice. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics***, 18(1)**, 1-9, doi:10.1007/s10784-018-9389-x.

Duyck, S., S. Jodoin, and A. Johl (eds.), (2018) *Routledge Handbook of Human Rights and Climate Governance*. Routledge, Abingdon, Oxon, 430 pp.

European Comission–Joint Research Centre (2015) Analysis of scenarios integrating the INDC. JRC Policy Brief. EC JRC IPTS/J1. October 2015. Brussels: Joint Research Centre. Recuperado de: https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/analysis-scenariosintegrating-INDC

Fink, J.H., (2013) Geoengineering cities to stabilise climate. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability***, 166(5)**, 242-248, doi:10.1680/ensu.13.00002.

Fleurbaey, M. et al., (2014) Sustainable Development and Equity. In: *Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, P.E. K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, and T.Z.J.C.M. B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 283-350.

Gay, García C., B. Bastien Olvera, F. Estrada Porrúa, (2016) ¿Es factible el 1.5^{0}C de elevación de la temperatura en los acuerdos de Paris ? en Rueda Abad J.C., Gay García C., Quintana Solórzano F. Coord. 21 Visiones de la Cop21 El Acuerdo de París: retos y áreas de oportunidad para su implementación en México.

Hallegatte, S., C. Green, R. J. Nicholls, and J. Corfee-Morlot, (2013) Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change***, 3**, 802-806.

Hanson, S. et al., (2011) A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. *Climatic Change***, 104(1)**, 89-111, doi:10.1007/s10584-010-9977-4.

Harlan, S.L. et al., (2015) Climate Justice and Inequality: Insights from Sociology.

In: *Climate Change and Society: Sociological Perspectives* [Dunlap, R.E. and R.J. Brulle (eds.)]. Oxford University Press, New York, NY, USA, pp. 127-163.

Holz, C., S. Kartha, and T. Athanasiou, (2017) Fairly sharing 1.5: national fair shares of a 1.5 °C-compliant global mitigation effort. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics***, 18(1)**, 1-18, doi:10.1007/s10784-017-9371-z.

Humphreys, S., (2017) Climate, Technology, Justice. In: *Protecting the Environment for Future Generations: Principles and Actors in International Environmental Law*. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

IBA, (2014) *Achieving Justice and Human Rights in an Era of Climate Disruption*. 240 pp.

IEA, (2015) *India Energy Outlook*. International Energy Agency (IEA), 1-191 pp.

Jacob, D. et al., 2018: Climate Impacts in Europe Under +1.5°C Global Warming. *Earth's Future***, 6(2)**, 264-285, doi:10.1002/2017EF000710.

IPCC, (2018) Global Warming at 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

Jean-Baptiste, N. et al., (2018) Housing and Informal Settlements. In: *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network* [Rosenzweig, C., W.D. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, and S.E. Ali Ibrahim (eds.)]. Cambridge University Press, Cambride, United Kingdom and New York, USA, pp. 399-431.

Jevrejeva, S., L.P. Jackson, R.E.M. Riva, A. Grinsted, and J.C. Moore, (2016) Coastal sea level rise with warming above 2 °C. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America***, 113(47)**, 13342-13347, doi:10.1073/pnas.1605312113.

Jordan, A.J. et al., (2015) Emergence of polycentric climate governance and its future prospects. *Nature Climate Change***, 5(11)**, 977-982, doi:10.1038/nclimate2725.

Kennedy, C.A. et al., 2015: Energy and material flows of megacities. *Proceedings of the National Academy of Sciences***, 112(19)**, 5985-5990, doi:10.1073/pnas.1504315112.

Klein, R.J.T. et al., (2014) Adaptation opportunities, constraints, and limits. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M.

Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 899-943. Klinsky y Winkler, 2018

Knox, J.H., (2015) Human Rights Principles and Climate Change. In: *Oxford Handbook of International Climate Change Law* [Carlarne, C., K.R. Gray, and R. Tarasofsky (eds.)]. Oxford University Press, Oxford.

Kolstad, C. et al., (2014) Social, Economic, and Ethical Concepts and Methods. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Inter- governmental Panel on Climate Changegovernmental Panel on Climate Change,* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 207-282.

Kona, A., P. Bertoldi, G. Melica, and S. Rivas, (2018) Covenant of Mayors signatories leading the way towards 1.5 degree global warming pathway. *Sustainable Cities and Society* (in press).

Larsen, K. and U. Gunnarsson-Östling, (2009) Climate change scenarios and citizen-participation: Mitigation and adaptation perspectives in constructing sustainable futures. *Habitat International***, 33(3)**, 260-266, doi:10.1016/j.habitatint.2008.10.007.

Lee, T. and M. Painter, (2015) Comprehensive local climate policy: The role of urban governance. *Urban Climate***, 14**, 566-577, doi:10.1016/j.uclim.2015.09.003.

Liverman, D. (2015) Reading Climate Change And Climate Governance As Political Ecologies, Cap 23. En: The Routledge Handbook of Political Ecology *Edited by Tom Perreault, Gavin Bridge and James McCarthy.*

Lombardi, M., P. Pazienza, and R. Rana, (2016) The EU environmental-energy policy for urban areas: The Covenant of Mayors, the ELENA program and the role of ESCos. *Energy Policy*, 93(December), 33-40, doi:10.1016/j.enpol.2016.02.040.

Matthews, T.K.R., R.L. Wilby, and C. Murphy, (2017) Communicating the deadly consequences of global warming for human heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(15), 3861-3866, doi:10.1073/pnas.1617526114.

McGranahan, G., D. Balk, and B. Anderson, (2007) The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, 19(1), 17-37, doi:10.1177/0956247807076960.

Melica, G. et al., (2018) Multilevel governance of sustainable energy policies:

The role of regions and provinces to support the participation of small local authorities in the Covenant of Mayors. *Sustainable Cities and Society*, 39, 729-739, doi:10.1016/j.scs.2018.01.013.

Mitchell, D. et al., (2018) The myriad challenges of the Paris Agreement. *Philosophical Transactions A*, 376, 1-5.

Musall, F.D. and O. Kuik, (2011) Local acceptance of renewable energy-A case study from southeast Germany. *Energy Policy*, 39(6), 3252-3260, doi:10.1016/j.enpol.2011.03.017.

Newman, P., T. Beatley, and H. Boyer, (2017) *Resilient Cities: Overcoming Fossil Fuel Dependence*. Island Press, Washington DC, USA, 264 pp.

OHCHR, (2009) *Report of the Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights on the relationship between climate change and human rights*. A/HRC/10/61, 32 pp.

OHCHR, (2015) *Understanding Human Rights and Climate Change*. Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights (OHCHR), 28 pp.

OHCHR, (2017) *Analytical study on the relationship between climate change and the full and effective enjoyment of the rights of the child*. UN Doc. A/HRC/35/13, 18 pp.

Okereke, C., (2010) Climate justice and the international regime. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 1(3), 462-474, doi:10.1002/wcc.52.

Oleson, K.W., G.B. Bonan, and J. Feddema, (2010) Effects of white roofs on urban temperature in a global climate model. *Geophysical Research Letters*, 37(3), doi:10.1029/2009GL042194.

Olsson, L. et al., (2014) Livelihoods and poverty. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 798-832.

ONU, (2014) *World urbanisation prospects, 2014 revisions*. Department of Economic and Social Affairs, New York, NY, USA.

Otto, F.E.L., R.B. Skeie, J.S. Fuglestvedt, T. Berntsen, and M.R. Allen, (2017) Assigning historic responsibility for extreme weather events. *Nature Climate Change***, 7(11)**, 757-759, doi:10.1038/nclimate3419.

Parag, Y. and B.K. Sovacool, (2016) Electricity market design for the prosumer era. *Nature Energy***, 1(4)**, 16032, doi:10.1038/nenergy.2016.32.

Pasimeni, M.R. et al., (2014) Scales, strategies and actions for effective energy planning: A review. *Energy Policy*, 65, 165-174, doi:10.1016/j.enpol.2013.10.027.

Pollak, M., B. Meyer, and E. Wilson, (2011) Reducing greenhouse gas emissions: Lessons from state climate action plans. *Energy Policy*, 39(9), 5429-5439, doi:10.1016/j.enpol.2011.05.020.

Porter, J.R. et al., (2014) Food security and food production systems. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 485-533.

Reckien, D. et al., (2017) Climate change, equity and the Sustainable Development Goals: an urban perspective. *Environment & Urbanization***,** 29(1), 159-182, doi:10.1177/0956247816677778.

Revi, A., (2017) Re-imagining the United Nations ' Response to a Twenty-first-century Urban World. *Urbanisation***, 2(2)**, 1-7, doi:10.1177/2455747117740438.

Revi, A. et al., (2014) Urban areas. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press,Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535-612.

Revi, A. and C. Rosenzweig, (2013) *The urban opportunity: Enabling transformative and sustainable development*.

Roberts, D., (2016) The New Climate Calculus: 1.5°C = Paris Agreement, Cities, Local Government, Science and Champions (PLSC2). *Urbanisation*, 1(2), 71-78, doi:10.1177/2455747116672474.

Robinson, M. and T. Shine, (2018) Achieving a climate justice pathway to 1.5°C. *Nature Clim. Change* (in press).

Rodríguez, H., (2015) Risk and Trust in Institutions That Regulate Strategic Technological Innovations: Challenges for a Socially Legitimate Risk Analysis. In: *New Perspectives on Technology, Values, and Ethics* [Gonzalez, W. (ed.)]. Springer, Cham, pp. 147-166.

Romero-Lankao, P. et al., (2018) Governance and policy. In: *Climate Change and*

Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network [Rosenzweig, C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, and S. Ali Ibrahim (eds.)]. Cambridge Unviversity Press.

Satterthwaite, D. and S. Bartlett, (2017) Editorial: The full spectrum of risk in urban centres: changing perceptions, changing priorities. *Environment and Urbanization*, 29(1), 3-14, doi:10.1177/0956247817691921.

Savaresi, A., (2016) The Paris Agreement: a new beginning? *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 34(1), 16-26, doi:10.1080/02646811.2016.1133983.

Schleussner, C. F., Lissner, T. K., Fischer, E. M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj J., Childers K., Schewe J., Frieler K, Mengel M., Hare W., Schaeffer M. (2016) Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5 C and 2 C *Earth System Dynamics*, 7(2), 327-351, doi:10.5194/esd-7-327-2016.

Schleussner C-F, Rogelj J, Schaeffer M, Lissner T, Licker R, Fischer E M, Knutti R, Levermann A, Frieler K and Hare W (2016b) Science and policy characteristics of the Paris Agreement temperature goal Nat. Clim. Chang. 6 827–835

Schroeder, H., M.T. Boykoff, and L. Spiers, (2012) Equity and state representations in climate negotiations. *Nature Climate Change***, 2**, 834-836, doi:10.1038/nclimate1742.

Shue, H., (2018) Mitigation gambles: uncertainty, urgency and the last gamble possible. *Philosophical* 52 *Transactions of the Royal Society*, doi:10.1098/rsta.2017.0105.

Shue, H., (2013) Climate Hope: Implementing the Exit Strategy. *Chicago Journal of International Law*, 13(2), 381.

Skeie, R.B. et al., (2017) Perspective has a strong effect on the calculation of historical contributions to global warming. *Environmental Research Letters***, 12(2)**, doi:10.1088/1748-9326/aa5b0a.

Solecki, W. et al., (2018) City transformations in a 1.5 °C warmer world. *Nature Climate Change*, 8(3), 177-181, doi:10.1038/s41558-018-0101-5.

Spencer, T., R. Pierfederici, and others, 2015: *Beyond the numbers: understanding the transformation induced by* 30 *INDCs*. N°05/15, 80 pp.

Stavins, R. et al., (2014) International Cooperation: Agreements and Instruments. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge,

United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1001-1082.

Suzuki-Parker, A., H. Kusaka, and Y. Yamagata, (2015) Assessment of the Impact of Metropolitan-Scale Urban Planning Scenarios on the Moist Thermal Environment under Global Warming: A Study of the Tokyo Metropolitan Area Using Regional Climate Modeling. *Advances in Meteorology*, 2015, 1-11, doi:10.1155/2015/693754.

Thomson, G. and P. Newman, (2016) Geoengineering in the Anthropocene through Regenerative Urbanism. *Geosciences*, 6(4), 46, doi:10.3390/geosciences6040046.

Villarroel Walker, R., M.B. Beck, J.W. Hall, R.J. Dawson, and O. Heidrich, (2014) The energy-water-food nexus: Strategic analysis of technologies for transforming the urban metabolism. *Journal of Environmental Management*, 141, 104-115, doi:10.1016/j.jenvman.2014.01.054.

Wachsmuth, D., D.A. Cohen, and H. Angelo, (2016) Expand the frontiers of urban sustainability. *Nature*, 536(7617), 391-393, doi:10.1038/536391a.

WMO, (2018) *Executive Summary: Scientic Assessment of Ozone Depletion: 2018*, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 58, 67 pp., Geneva, Switzerland, 2018.

Yu, R., P. Zhai, and Y. Lu, (2018) Implications of differential effects between 1.5 and 2°C global warming on temperature and precipitation extremes in China's urban agglomerations. *International Journal of Climatology*, 38(5), 2374-2385, doi:10.1002/joc.5340.

Yu, R. and P. Zhai, (2018) Differentiated changes of temperature and precipitation extremes in China's urban agglomeration areas between 1.5°C and 2°C global warming levels. *International Journal of Climatology* (in press).

Ziervogel, G., A. Cowen, and J. Ziniades, (2016) Moving from Adaptive to Transformative Capacity: Building Foundations for Inclusive, Thriving, and Regenerative Urban Settlements. *Sustainability*, 8(9), 955, doi:10.3390/su8090955.

Capítulo 6

Bioenergía y captura y almacenamiento de carbono: un espejismo frente al cambio climático y la justicia energética

Marisol Anglés Hernández y María de las Nieves Carbonell León

RESUMEN:

En octubre de 2018 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático publicó el Reporte Especial "Calentamiento Global 1.5ºC" en el cual se describen los impactos al sistema climático del aumento de temperatura de 1.5ºC con respecto a los niveles preindustriales, así como las diferentes estrategias de mitigación para lograr las reducciones de emisiones netas requeridas. Como una alternativa para limitar o sólo sobrepasar ligeramente la temperatura establecida se plantea la utilización de tecnologías de remoción de bióxido de carbono, como la de bioenergía acoplada con captura y almacenamiento de carbono. El presente texto revisa los problemas y desafíos del desarrollo de esta tecnología a partir de describir y analizar su complejidad, factibilidad, incertidumbres y los potenciales impactos y riesgos socioambientales implicados, ello a la luz de la teoría de la justicia energética y del principio precautorio.

Palabras clave: Cambio climático; mitigación; riesgos; justicia energética; principio precautorio.

ABSTRACT:

In October 2018 the Intergovernmental Panel on Climate Change published the Special Report "Global Warming 1.5ºC" which describes the impacts to the climate system of the temperature increase of 1.5ºC with respect to the pre-industrial levels, as well as the different strategies of mitigation to achieve the net emission reductions required. As an alternative to limit or only slightly exceed the established temperature, the use of carbon dioxide removal technologies is proposed, such as bioenergy coupled with carbon capture and storage. This text reviews the problems and challenges of the development of this technology from describing and analyzing its complexity, feasibility, uncertainties and the potential socio-environmental impacts and risks involved in light of the theory of energy justice and the precautionary principle.

Keywords: Climate change; mitigation; risk; justice energy; precautionary principle.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Reporte Especial del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) "Calentamiento Global 1.5ºC", los riesgos a los sistemas naturales y humanos se exacerbarán si la temperatura se incrementa a 1.5ºC. La magnitud y severidad de estos riesgos y los impactos asociados a ellos serán diferenciados y afectarán en mayor medida a las regiones, ciudades, poblaciones y ecosistemas más vulnerables. Al respecto, cabe señalar que, por su ubicación geográfica, riqueza biológica y condiciones socioeconómicas México es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, por lo que en congruencia con los objetivos de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible deben realizarse esfuerzos en materia de reducción de la emisión de compuestos y gases de efecto invernadero (CyGEI),[1] (Anglés, 2018), ello en aras de lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, sustentables y resilientes (ONU, 2015a).

Como veremos en este trabajo, México ha asumido compromisos de reducción de CyGEI, tanto en el ámbito internacional como en el nacional, y entre las acciones para lograrlo, el Reporte del IPCC de 2018 refiere la tecnología denominada: bioenergía acoplada con la captura y almacenamiento de carbono (BECCS)[2]. Se trata de una opción tecnológica mediante la cual se dispone el bióxido de carbono (CO_2) en estratos de la corteza terrestre, de forma tal que nunca vuelva a la atmósfera, sino que reaccione con el paso del tiempo y se integre a la mineralogía del yacimiento; lo cual, si no se realiza con las debidas precauciones, lejos de contribuir a la reducción de CyGEI puede incrementarlos; así como comprometer la protección del medio ambiente, la salud de la población y los ecosistemas. Debido a que los impactos varían ampliamente en su escala e importancia probable, es indispensable considerar la inclusión social y ambiental en la elección e implementación de esta tecnología (Bickerstaff et al., 2013); de lo contrario, el uso de BECCS podría erigirse en un espejismo en materia de reducción de CyGEI, esto es, una alternativa engañosa para hacer frente al fenómeno del cambio climático, con altos costos sociales y ambientales.

Bajo esta lógica, examinamos la tecnología de BECCS, a partir del Reporte Especial del IPCC y del marco teórico de la justicia energética, como un enfoque teórico crítico que analiza los costos, tanto de la tecnología como de las políticas, los cuales restringen y dan forma a las acciones de las instituciones políticas y estatales, a efecto de asegurar que sea sostenible ambiental y socialmente (Heffron & McCauley, 2014:437); lo cual, a su vez exige, su diseño y aplicación en un marco de gobernanza que privilegie el principio precautorio.

Recordemos que la gobernanza de los recursos naturales se apuntala en marcos formales (tratados internacionales, constituciones, leyes, regulaciones sectoriales, instrumentos fiscales, arbitraje internacional, entre otros), así como prácticas informales, cuya acción conjunta rige el funcionamiento de los sectores extractivos.

1 Entre los CyGEI se encuentra el bióxido de carbono (CO_2), principal gas causante del calentamiento global. Para el año 2017, el 78.90% de la energía eléctrica que se produjo en México provino de combustibles fósiles, 15.66% de energías renovables y sólo 5.42% de otras energías limpias, lo que ocasiona que se emitan al ambiente más de 100 millones de toneladas anuales de CO_2 (SENER, 2017).

2 Por sus siglas en inglés: *Bioenergy with Carbon Capture and Storage*.

Determinándose así los regímenes de propiedad y acceso a los recursos (como las concesiones), sistemas tributarios (beneficios fiscales); mecanismos de ahorro, distribución y uso de las rentas públicas provenientes de estos sectores (fondos de inversión y estabilización), así como otras funciones de las actividades asociadas a los sectores extractivos de recursos naturales (Altomonte & Sánchez, 2016); lo cual exige una gran sensibilidad para evitar trasladar los efectos de los costos socioambientales de la mitigación del cambio climático resultado del desarrollo industrial basado en los recursos fósiles a los países en vías de desarrollo, al medio ambiente y a la sociedad. También se requiere de un cambio decidido en torno al uso de energías limpias, pues las argucias tecnológicas para mantener la dependencia fósil sólo disfrazan las soluciones del capital global que se niega a transitar hacia la sustentabilidad. Al respecto, se ha dicho (Bickerstaff et al., 2013) que restringir las energías renovables en favor de una tecnología con una carga de almacenamiento intergeneracional podría perjudicarla.

MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL Y MEXICANO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Como resultado de la preocupación de la comunidad internacional en torno al fenómeno del cambio climático y sus posibles consecuencias devastadoras, se evidenció la necesidad de realizar esfuerzos globales para equilibrar los aspectos relativos a la protección del medio ambiente y el desarrollo económico (Anglés, 2002:233). En este sentido, y después de múltiples reuniones de expertos, fue suscrita en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo principal consiste en lograr la estabilización de las concentraciones de CyGEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Al amparo de esta Convención se adoptó el Protocolo de Kioto en 1997, con la finalidad de que los países desarrollados redujeran las emisiones de gases de efecto invernadero a niveles preindustriales; pero, ante la insuficiencia de los logros obtenidos, se negoció el Acuerdo de París –en vigor desde el 4 de noviembre de 2016–, instrumento novedoso que busca la participación universal para "mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2ºC con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5ºC con respecto a los niveles preindustriales" (artículo 2.a, ONU, 2015b).

Este Acuerdo requiere a todos los países, sin distinción alguna, definir de manera voluntaria su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) para la reducción de CyGEI, comprometiéndose a comunicarla, implementarla y actualizarla cada cinco años para que cada vez sea más ambiciosa. Por otra parte, el Acuerdo de París delega en gran medida a la Conferencia de las Partes la adopción de reglas específicas para el desarrollo e implementación de sus disposiciones, y establece un marco de transparencia reforzado para la verificación del cumplimiento de los compromisos de mitigación y adaptación, las emisiones reportadas por cada país en sus inventarios nacionales, así como el apoyo en forma de financiación, transferencia de tecnología y fomento de la capacidad (artículo 13, ONU, 2015b). Si bien, los compromisos de mitigación establecidos en las NDC deberían permitir, de

manera agregada, alcanzar la meta de limitar el incremento de la temperatura global en 2ºC para el año 2100, lo cierto es que con los NDC presentados, únicamente se lograría disminuir el riesgo de que la temperatura aumente más de 4 o 5 grados, por lo que resulta fundamental contar con compromisos más ambiciosos (Molina et al., 2017:150).

Destaca también la adopción, por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que consta de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que tienen entre sus finalidades, acabar con la pobreza extrema, combatir la desigualdad y la injusticia y afrontar el cambio climático. Entre sus metas se plantea incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales; mejorar la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático y la reducción de sus efectos; así como, asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, todas ellas guardan una relación estrecha con las tecnologías de CCS y BECCS.

Al respecto, México se comprometió a reducir incondicionalmente un 25% de sus emisiones de CyGEI y de contaminantes de vida corta para el año 2030, lo que implica la reducción de 22% de sus emisiones y 51% de carbón negro. A su vez, el compromiso puede llegar hasta un 36% de las emisiones de CyGEI por debajo de la línea base para 2030, de manera condicionada, lo que depende de un acuerdo mundial que aborde, entre otras cosas, un precio internacional del carbono, ajustes fiscales en la frontera para el carbono, cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y transferencia de tecnología –todo a una escala proporcional al desafío del cambio climático mundial–, (Gobierno de la República, 2015).

Como resultado de la adopción de la CMNUCC, México expidió en el año 2012 la Ley General de Cambio Climático (LGCC) que tiene por objeto garantizar el derecho a un medio ambiente sano; definir la concurrencia entre los tres órdenes de gobierno –federación, estados y municipios– en materia de cambio climático; regular las emisiones de CyGEI de origen antropógeno; regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas; fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología, innovación y difusión en materia de mitigación y adaptación, así como promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones (artículo 2º, LGCC).

La política nacional en materia de mitigación tiene como objetivo principal establecer planes, programas, acciones, instrumentos económicos y regulatorios para el logro gradual de metas de reducción de emisiones específicas, por sectores y actividades tomando como referencia los escenarios de línea base y priorizando aquellos sectores con mayor potencial de reducción (artículos 31 y 32, LGCC). Pero, ser congruentes con el papel proactivo y las metas que México se ha propuesto en materia de reducción de CyGEI y sustentabilidad, se requiere diseñar políticas públicas que incentiven el uso de energías renovables para avanzar en una efectiva descarbonización de la economía.

ORDEN JURÍDICO MEXICANO APLICABLE A BIOENERGÍA Y CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO

La captura y almacenamiento de carbono (CCS); involucra varios pasos y finalidades, entre ellos: 1. Separación y captura de carbono antes de ser emitido a la atmósfera. Separación del CO_2 después de la combustión o quemado de carbón con oxígeno puro; 2. Transporte del CO_2 capturado desde la fuente de emisión hasta el sitio de inyección subterránea mediante ductos similares a los usados para el transporte de gas natural, que requieren altas presiones de compresión. Actualmente, existen ductos de CO_2 para su uso en el proceso de recuperación mejorada de hidrocarburos; sin embargo, la aplicación de CSS para la mitigación del cambio climático requerirá la construcción de una nueva red de ductos especialmente diseñados para grandes volúmenes y presiones, y 3. Inyección, almacenamiento de largo plazo o secuestro para evitar que se exacerbe el cambio climático por su escape a la atmósfera. Para ello, se pueden utilizar pozos de petróleo o gas agotados, grietas en minas de carbón (que podrían permitir la recuperación de metano –gas grisú–) o, bien, acuíferos salinos no potables profundos, esta última característica mantiene el CO_2 en estado supercrítico,[3] lo que disminuye su posible migración.

A la fecha, México carece de un marco regulatorio sólido asociado a las actividades de CCS y BECCS; entre las disposiciones que tienen una relación con ellas se encuentran las contenidas en la LGCC sobre la política nacional de mitigación, la cual se instrumentará con base en un principio de gradualidad, promoviendo el fortalecimiento de capacidades nacionales para la mitigación de emisiones y la adaptación a los efectos adversos del cambio climático, priorizando en los sectores de mayor potencial de reducción hasta culminar en los que representan los costos más elevados, además de atender los compromisos internacionales de México en la materia (artículo 32).

La LGCC define mitigación, como la adopción e implementación de medidas de mitigación, esto es, de la "aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero" (artículo 3, fracción XXVIII). En tal sentido, son atribuciones de la federación: Establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con la ley, los tratados internacionales aprobados y demás disposiciones jurídicas aplicables (artículo 7, fracción VI). Esta ley también hace referencia a la creación de un Comité Mexicano para proyectos de reducción de emisiones y de captura de gases de efecto invernadero (artículo 49, fracción VI).

En materia ambiental, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) regula la contaminación de la atmósfera proveniente de todo tipo de fuentes emisoras, así como la prevención y el control en zonas o en caso de fuentes fijas de jurisdicción federal (artículo 12, fracción V). Ahora bien, para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tendrá, entre otras, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan por contaminante y por fuente de contaminación,

3 Estado de las sustancias con propiedades intermedias entre líquido y gas bajo determinadas circunstancias.

los niveles máximos permisibles de emisión de gases a la atmósfera provenientes de fuentes fijas (artículo 111, fracción III). También se requiere de autorización, a través de la Licencia Ambiental Única, para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría (artículo 111). Además, la SEMARNAT está facultada para someter al procedimiento de evaluación del impacto ambiental la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, ello mediante el establecimiento de las condiciones a las que deba sujetarse (artículo 28).

De manera expresa, la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) se refiere a las actividades de CCS, al definir a las energías limpias, como aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, en su caso, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan. Entre las energías limpias se encuentra la energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de CO_2 que tengan una eficiencia igual o superior en términos de kWh-generado por tonelada de CO_2 equivalente emitida a la atmósfera a la eficiencia mínima que establezca la Comisión Reguladora de Energía y los criterios de emisiones establecidos por la SEMARNAT (artículo 3, fracción XXII, inciso m, LIE). Esta disposición debe leerse en concordancia con la Ley de Transición Energética (LTE), la cual refiere que la Secretaría de Energía fijará como meta una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25 por ciento para el año 2018, del 30 por ciento para 2021 y del 35 por ciento para 2024 (artículo tercero transitorio), lo cual fue retomado de la meta de generación eléctrica a partir de fuentes limpias, establecida en la LGCC (artículo tercero transitorio, fracción II, inciso e). Sin embargo, estas acciones

Ante esta insuficiencia normativa, la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, órgano desconcentrado de la SEMARNAT, facultado para regular las emisiones del sector petrolero, elaboró un proyecto de norma oficial mexicana, denominado: Especificaciones ambientales para la captura, transporte y almacenamiento de bióxido de carbono (CO_2) en formaciones geológicas, cuyo objetivo consiste en establecer las especificaciones ambientales que deberán observar los operadores en la captura, transporte y almacenamiento de CO_2, procedente de fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles pesados, así como, en el cierre del sitio y el monitoreo durante el proceso y posterior a éste; ello a fin de evitar las afectaciones al suelo, los acuíferos o directamente la salud de personas y animales. El proyecto prevé la aplicación de la norma en todo el territorio nacional, incluido el mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental; no obstante, aún no entra en vigor (SEMARNAT, 2018).

RUTAS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL LÍMITE DE 1.5ºC MEDIANTE EL USO DE BIOENERGÍA Y CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Hasta la emisión del Reporte del IPCC (2018a) se vislumbraba a la geoingeniería como un sustituto a las medidas necesarias para descarbonizar la economía y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero producto del uso de combustibles fósiles; sin embargo, el Reporte realmente es un parteaguas, que nos indica que inevitablemente debemos recurrir a estas tecnologías, ya que es imposible llegar a cero emisiones en el tiempo necesario para no rebasar el límite de 1.5ºC. Así, la "tiranía de la urgencia" del cambio climático se hace evidente (Jo & Zundel, 2017:10). Entre las tecnologías de geoingeniería se encuentra la remoción de CO_2 que busca retirar y secuestrar este gas producido por fuentes fijas o directamente de la atmósfera, a través de medios biológicos, químicos o geológicos. Las opciones del Reporte del IPCC, básicamente se refieren a la captura directa del CO_2 de la atmósfera por la vegetación de sistemas agrícolas, forestales y otros usos del suelo y a la BECCS, por medio de esta última se convierte la biomasa en calor y electricidad o, bien, en combustibles líquidos y gaseosos en unión con la captura y almacenamiento del CO_2 emitido en sistemas terrestres o en los océanos. La tecnología BECCS se cataloga como de emisiones negativas netas y ofrece la oportunidad de recuperar cantidades de CO_2 de la atmósfera que contribuyan a superar el límite establecido de 1.5ºC; aunque hay que considerar que estas tecnologías son costosas y su efecto es a largo plazo (Burns & Nicholson, 2017:528).

Para delinear las rutas de emisión de CyGEI y las posibles acciones de mitigación encaminadas a limitar el aumento de temperatura a 1.5ºC o sobrepasarla sólo ligeramente es necesario considerar, no sólo el CO_2 acumulado desde épocas preindustriales hasta la fecha en que se inicie la descarbonización de la economía, sino que, a partir de esta base, estimar el presupuesto o cuota de carbono remanente o cantidad de carbono que podremos liberar a la atmósfera para no exceder la temperatura umbral (IPCC, 2018b). Pero ¿por qué nos empeñamos en las soluciones al final del tubo y no replanteamos nuestros sistemas de producción y consumo?, pues justamente es en respuesta a las exigencias de éstos que la industria demanda la disponibilidad de los recursos fósiles.

De acuerdo con el Reporte del IPCC que analizamos, al final de 2017 se había reducido el presupuesto de carbono en 2200 Giga toneladas (Gt)[4] con respecto a la era preindustrial, por lo que el remanente que podemos emitir para no rebasar o sólo exceder en forma limitada los 1.5ºC es de 580 Gt de CO_2 con un 50% de certeza o, bien, 420 Gt de CO_2 para un 66% de probabilidad, tomando como referencia la temperatura media global del aire de la superficie terrestre. Esta estimación conlleva grandes incertidumbres relacionadas con la repuesta climática de las emisiones acumuladas, debido al desconocimiento de los efectos de retroalimentación del propio sistema, como el derretimiento del permafrost y la liberación de metano por humedales, que contribuyen aún más al aumento de la temperatura (IPCC, 2018:96).

De manera que, si las emisiones no empiezan a declinar en la siguiente década, el punto de neutralidad tendrá que ser alcanzado en menos de dos décadas para mantener

4 Giga toneladas que equivalen a mil millones de toneladas.

el mismo presupuesto de carbono (IPCC, 2018b:96). Por ende, cobran relevancia los compromisos adquiridos por los distintos países en el Acuerdo de París. Pero, a partir del análisis de las NDC presentadas, considerando los compromisos condicionados y no condicionados, se estima que se registrarán emisiones de 400 a 560 Gt de CO_2 de 2018 a 2030, con lo que quedará agotado el presupuesto remanente de carbono (IPCC, 2018b:95).

El Reporte indica que, con objeto de limitar el aumento de temperatura al valor de 1.5ºC o ligeramente superior, es necesario que la emisión neta de CO_2 para el 2030 sea sólo del 45% de la registrada en 2010 y que se logren cero emisiones netas en 2050; además se requiere de reducciones profundas de las emisiones de otros gases y compuestos de efecto invernadero de vida corta, del orden de 35% de metano y carbono negro para el 2050 con respecto a la emisión de 2010 (IPCC, 2018a: 35); adicionalmente, deben buscarse medidas de mitigación para óxidos de nitrógeno y metano procedentes de la agricultura y del manejo de residuos, así como de hidrofluorocarbonos (IPCC, 2018a:18).

Como se advierte, la mitigación se logra con amplias transformaciones en el perfil de emisiones en los diversos sectores (energético, industrial, transporte, construcción, agricultura, forestal y otros usos del suelo, así como variables económicas, crecimiento poblacional, equidad y sustentabilidad), (IPCC, 2018a:18 e IPCC, 2018b:129). En razón de esto se han «justificado» las opciones tecnológicas de remoción de CO_2, como el uso de CCS y BECCS, con énfasis en este último que rinde emisiones negativas; en lugar de plantearse acciones decididas que amplíen la matriz energética y realmente dejen del lado los recursos fósiles.

El Reporte del IPCC (2018a) plasma todos los escenarios de emisión-mitigación en cuatro rutas modelo para no rebasar la temperatura límite; en tres de ellas se contempla el uso de BECCS como método de captura y sólo cuando fuera posible lograr una rápida descarbonización de las fuentes energéticas se utilizaría, en exclusiva, la remoción por sistemas agrícolas, forestales y otros usos del suelo. Cuanto más se exceda el límite de temperatura o entre más tarde se alcance la emisión pico y la consiguiente declinación, mayor cantidad de CO_2 se acumulará en la atmósfera y se requerirá de medidas de mitigación más estrictas y con rendimiento negativo de carbono, como la BECCS (IPCC, 2018b:126). Obvia decir que entre más se sobrepase el valor límite de temperatura, mayores e irreversibles serán los impactos ambientales, sociales y económicos y más difícil y costoso será tomar medidas de mitigación y adaptación a los efectos catastróficos del cambio climático; por lo que la justicia energética cobra relevancia.

Para el 2017 el desarrollo a gran escala de la CCS y la BECCS para combatir el cambio climático estaba aún en fase de prueba con 15 plantas piloto y sólo una en operación comercial (Burns & Nicholson, 2017:129), la Agencia Internacional de Energía estimó que para que la CSS tenga un efecto significativo en aminorar el cambio climático deberían existir unos 6,000 proyectos, con la capacidad de capturar y almacenar millones de toneladas de CO_2 al año (Fogarty & McCally, 2010:67), con la consideración de los riesgos que ello conllevaría.

Dado el creciente reconocimiento de que los principales países emisores de CyGEI

no cuentan con políticas para efectuar una rápida descarbonización de su economía, se ha puesto atención a opciones de geoingeniería como medida de mitigación, esto es la deliberada manipulación a gran escala del ambiente planetario para contrarrestar el cambio climático (Burns & Nicholson, 2017:527) y sin considerar la responsabilidad de quienes tienen mayor responsabilidad de la huella ecológica que han dejado, lo cual es, a su vez, a costa de la justicia energética.

SOLUCIONISMO TECNOLÓGICO Y PRINCIPIO PRECAUTORIO

Ante el acelerado aumento de las emisiones de CyGEI y la posible catástrofe climática se recurre al desarrollo tecnocientífico como única solución, ello mediante el uso de la geoingeniería que permite «reciclar» el proyecto de modernidad capitalista sin tener que salir del propio modelo basado en la lógica del consumo de combustibles fósiles impuesto por las grandes compañías energéticas (Svampa, 2017:155). Así, la visión dominante del progreso y el conocimiento científico se apuntala en la razón arrogante de la tecnocracia; de manera que la geoingeniería privilegia las soluciones tecnológicas que consideran a la naturaleza como un ente completamente manipulable que permite su adaptación al patrón de desarrollo vigente, incluso, con un horizonte post-humano orientado a preservar el modelo de desarrollo vigente (Svampa, 2017:158). Por tanto, la innovación tecnológica en el sector energía redunda en una forma de optimismo que sostiene que es posible responder y mitigar, en cierta medida, las emisiones antropogénicas de CyGEI y, en consecuencia, el cambio climático, lo que ha justificado que ingenieros pongan énfasis en soluciones y tecnologías como la BECCS.

No obstante, estas propuestas de geoingeniería son cuestionables no sólo en cuanto a su factibilidad tecnológica, sino, sobre todo, por sus posibles impactos al ambiente y a la salud de las personas, los cuales no se pueden calcular con precisión, pues son altamente complejos e involucran incertidumbres y riesgos potenciales, ello aunado a la posibilidad de sinergias no previstas ni deseadas, pero que podrían ser irreversibles (Carbonell, 2017), lo que compromete los postulados de la justicia energética. Aún más, como sostiene (Delgado, 2012:225) debemos reconocer que cuando hablamos de tecnociencia de vanguardia, nos movemos en la frontera del conocimiento o de la ignorancia. Situación que se vuelve más compleja si es abanderada por un gobierno que pretenda justificar el uso de BECCS, como una decisión para mitigar el cambio climático; la cual, al ser una acción antidemocrática, enmascara el costo socioambiental implicado y limita la posibilidad de los afectados de acceder a la justicia.

Es bajo este escenario de incertidumbre que debe prevalecer el principio precautorio; pues la falta de certeza científica sobre la configuración de un daño ambiental grave e irreversible, es razón suficiente para invertir la carga de la prueba en cuanto a la inocuidad de la actividad. De manera que el riesgo de daño grave e irreversible se erige en la directriz para tomar medidas ambientales (Carbonell, 2017). De acuerdo con Andorno (2008:346), dado el carácter flexible de este principio, es importante precisar sus condiciones de aplicación:

a) Situación de incertidumbre acerca del riesgo potencial que da lugar a la adopción de medidas; evaluación científica que sustente el riesgo potencial

y las posibles consecuencias de la inacción;

b) Perspectiva de un daño grave o irreversible que comprometa la vida o la salud de la población o el equilibrio del ecosistema;

c) Proporcionalidad de las medidas a fin de evitar constituir una carga excesiva para la sociedad;

d) Transparencia de las medidas desde una doble perspectiva, por un lado, que los criterios empleados por las autoridades para la eventual adopción de medidas precautorias sean dados a conocer al público y a las empresas, y por el otro, que quienes promueven productos o actividades potencialmente riesgosas difundan los estudios acerca de la magnitud de los riesgos potenciales y de los esfuerzos que han hecho con vistas a reducirlos al mínimo o a eliminarlos, y

e) Inversión de la carga de la prueba, lo cual significa que quienes comercialicen productos que puedan eventualmente causar daños graves, aporten los elementos contrarios a la sospecha del riesgo, cuestión ampliamente debatida.

Es en este contexto que debe evaluarse la viabilidad de implementar estas tecnologías para conseguir emisiones negativas netas, pues una propuesta con bases erradas puede ser el preludio de un aumento súbito de la temperatura, con los consecuentes impactos que ello implicaría. Al respecto, Burns & Nicholson (2017) plantean: a) realizar una evaluación y certificación robusta de la sustentabilidad y equidad de BECCS, considerando los potenciales conflictos de la producción y uso de biomasa con los usos de suelo y agua, con estrategias como análisis del ciclo de vida y evaluación y modelación de los impactos ambientales y económicos de la adopción de BECCS a gran escala; b) incrementar la investigación y desarrollo para fundamentar el desarrollo y viabilidad del desarrollo de materias primas a base de estas tecnologías con pleno respeto de los derechos humanos y protección del medio ambiente; c) explorar opciones para incrementar el rendimiento de cultivos para producir biomasas y reducir con esto el uso de suelo y desplazamiento de otros cultivo y ecosistemas, y d) incrementar la investigación de otras opciones de remoción de CO_2.

Consideremos que apelar a la geoingeniería no ataca las causas de fondo en materia de reducción de CyGEI, por el contrario, perpetua la generación y uso de combustibles fósiles, en realidad ello implica ceder el control del calentamiento del planeta a grandes empresas, seguir las reglas del capitalismo salvaje.

RIESGOS E IMPACTOS ASOCIADOS A LA APLICACIÓN DE LA BIOENERGÍA Y CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Según el reporte de 2005 publicado por el IPCC (2005:4) sobre CCS, este método implicaría un aumento de la energía consumida de entre 10 y 40% para las operaciones

de compresión y transporte del CO_2 desde el punto de captura hasta el punto de inyección, al cual habría que añadir la energía requerida para la inyección en los pozos y la de producción de biomasa y sus insumos, esto redunda en una menor Tasa de Retorno Energético y en mayor consumo de bioenergía o, bien, de combustibles fósiles, con los impactos al ambiente y al clima ya referidos, pero, paradójicamente, sin el desarrollo de CCS no habrá BECCS y con el desarrollo de CCS inevitablemente habrá una disminución en el almacenamiento de carbono disponible para que la BECCS lo utilice. En este escenario, ¿cómo podrían tomarse decisiones justas sobre la demanda relativa de cada tecnología para la capacidad de almacenamiento? (Bickerstaff et al., 2013). Por si fuera poco, apuntalar las acciones de reducción de CyGEI en tecnologías como CCS y BECCS significaría trasladar la carga de cuidar y preservar los almacenes del CO_2 producto de nuestro modo de consumo a las generaciones futuras, lo cual contraviene los postulados del desarrollo sostenible (Schoijet, 2008: 296) y la justicia energética.

Además, hablar de los riesgos para la salud y el medio ambiente asociados a las tecnologías de CCS y BECCS implica considerar, tanto los peligros potenciales de la tecnología como la probabilidad de que aquéllos ocurran. Los peligros potenciales pueden referirse al comportamiento esperado a largo plazo del almacenamiento geológico del CO_2; así como a las fugas que pudieran presentarse, tales como: Fuga de CO_2 desde el lugar de almacenamiento hacia la atmósfera: podría ocurrir por eventos aislados y catastróficos, como un terremoto, o a través de una ventilación sostenida y lenta de CO_2 debido a una selección o preparación incorrecta del lugar de almacenamiento. También por fugas en pozos abandonados a los que se les inyectó el gas y fugas en los ductos de transporte desde el lugar de producción al punto de inyección. La seguridad de geológica de permanencia del CO_2 en el subsuelo es incierta y no ha sido bien estudiada. Cualquiera de estos escapes daría lugar a concentraciones elevadas de CO_2 en la superficie o en el subsuelo poco profundo que podría afectar negativamente a la salud y seguridad humanas, así como a la biodiversidad.

> Dada la toxicidad del CO_2, el escape repentino de grandes volúmenes de este gas capturado constituye un riesgo para el ser humano y la biodiversidad; altas concentraciones de CO_2 interfieren con el metabolismo celular; se ha observado que las concentraciones de más de 7 a 10% constituyen una amenaza inmediata para la vida del ser humano, con riesgo que van desde narcosis, delirio y somnolencia hasta el coma (Fogarty, & McCally 2010:67). Si ocurre un escape súbito existe un riesgo significativo de asfixia tanto para los humanos como los animales que se encuentren en áreas aledañas (Latham 2011:44 y Fogarty, & McCally 2010:67).

Dependiendo de la elección de la tecnología, la aplicación de CCS podría generar nuevos contaminantes de impacto local, por ejemplo, si se utilizan aminas para la separación del CO_2 de otros gases de combustión, se da lugar a la formación de nitrosaminas y nitroaminas como subproducto, estas últimas tienen un gran potencial mutagénico y carcinógenico (Andrews, 1978:319). Aunque algunas pruebas recientes sugieren que los niveles probables de emisiones y persistencia son tolerables (Mulgundmath & Bowden, 2011) existe la posibilidad de su liberación la atmósfera. Se ha determinado que por cada millón de toneladas de CO_2 capturado se emitirían arriba

de 160 toneladas de amina en concentraciones de 1 a 4 ppm. Los científicos tienen conocimientos limitados acerca de la toxicidad de estos compuestos y sus reacciones cuando son liberadas a gran escala; sin embargo, se sabe que una vez liberadas estas aminas se degradan a compuestos altamente tóxicos que pueden causar efectos adversos a la salud humana y daño ambiental (Ekopolitan, 2010).

> Como la inyección y captura del CO_2 se lleva a cabo a grandes presiones, el gas alcanza el estado supercrítico y ello hace poco probable que se escape, sin embargo, la probabilidad de que ocurra una fuga súbita existe, por lo que, en el marco de la justicia energética, los riesgos a la salud y al ambiente deben ser considerados y gestionados por los operadores y los reguladores (Latham, 2011:45). Además, debe darse acceso a la información a las personas sobre los riesgos de la tecnología, a efecto de que puedan participar de mejor manera en la decisión o no de adoptarla (Hamond & Shackley, 2010). De acuerdo con Bielicki y Stephens (2008:4) "los riesgos con altos niveles de incertidumbre necesitan un discurso reflexivo en el que las personas se involucren con la incertidumbre y decidan como grupo ¿cuál debe ser el nivel adecuado de protección?".

Es importante advertir que, hasta ahora, la mayor cantidad de instalaciones de inyección de CO_2 en formaciones geológicas ha sido destinada a la recuperación mejorada de hidrocarburos, por lo que resultaba irrelevante si el gas se quedaba retenido o se liberaba a la atmósfera, por lo que la evidencia empírica sobre la estabilidad y permanencia del CO_2 en el yacimiento es todavía escasa (Burns & Nicholson, 2017:50). Además, los incentivos financieros involucrados pueden llevar a niveles más bajos de monitoreo y mantenimiento del almacenamiento de carbono (Markusson et al., 2012), ello sin considerar los costos de justicia social implicados, incluso para las generaciones futuras.

En cuanto a las afectaciones posibles del agua, se ha considerado la alteración de la química del agua subterránea como resultado de la disolución del CO_2 en ésta, por lo que podría afectarse la salud humana si se utiliza para consumo; así como provocar impactos en el ecosistema que está en contacto con el desplazamiento de los fluidos que anteriormente ocupaban el espacio subterráneo donde se inyecta el CO_2, por lo que el agua salina podría ser expulsada hacia las reservas de agua potable. El aumento de la presión de este tipo de desplazamiento podría causar fracturas y otros cambios físicos en la roca del subsuelo. Por ello, se ha dicho que lo anterior es equivalente a trasladar el riesgo ambiental desde la atmósfera al suelo (Burns & Nicholson, 2017:529).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América ha reconocido que el uso de BECCS presenta riesgos en materia de contaminación de mantos acuíferos subterráneos causada por la lixiviación de metales, como arsénico, plomo, mercurio y otros componentes del suelo, que se convierten en solubles en agua por la presencia de ácido carbónico. También pueden contaminarse los acuíferos por la presencia de compuestos que acompañan al CO_2 inyectado o por la intrusión de aguas salinas de cuerpos de agua subterráneos (Fogarty, & McCally 2010:68 y Latham, 2011:46). Además, en caso de un evento de contaminación del manto freático es difícil tomar acciones correctivas, como remediar a grandes profundidades y seleccionar la tecnología adecuada. Por lo que es importante que los operadores cuenten con un plan

de respuesta a emergencias y de remediación ante estos supuestos.

Otro impacto identificado es el de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, ya que, para lograr alcanzar emisiones netas negativas se debería convertir un área de aproximadamente 380 a 700 millones de hectáreas hacia 2100, lo que equivale del 7 al 25% de la tierra agrícola y del 25 al 46% de la tierra cultivable y ya cultivada Esta demanda de superficie puede ser de 2 a 4 veces más grande que aquellas tierras que se encuentran clasificadas como abandonadas o marginales; situación que hace inviable el uso de BECCS para reducir CO_2 de la atmósfera (Burns & Nicholson, 2017: 529). Adicionalmente, debemos prever que, por el aumento poblacional, la demanda de tierras cultivables puede aumentar de 10 a 20% en las próximas décadas. En consecuencia, el uso a gran escala de esta tecnología ocasionaría un aumento de precios de los alimentos y del riesgo de la malnutrición, en especial en áreas vulnerables.

El cultivo de biomasa, necesario para el desarrollo de BECCS, también pone en peligro el derecho humano al agua. Aun cuando se implemente a baja escala, 1.1-3.3 Gt CO_2e por año, la huella hídrica es considerable. En 2100 la producción de materia prima para los biocombustibles que se usarán BECCS a gran escala puede requerir aproximadamente el 10% de la evapotranspiración de todas las tierras cultivadas del planeta o la misma magnitud de la demanda total de agua por la agricultura. Para esa fecha se proyecta un incremento de la extracción de agua en un 20%; así como de la sequía. El desarrollo de BECCS puede degradar la calidad del agua por salinización y por el escurrimiento de pesticidas y fertilizantes asociados a la producción de materia prima (biomasa). La remoción de cada Petagramo (1 millón de Gg) de carbono de la atmósfera por año mediante cultivo de biomasa requerirá aproximadamente 200 millones de hectáreas, equivalente a la superficie de México, y consumirá 1000 km^3 por año de agua equivalente al consumo de agua de los Estados Unidos de América y China (Séférian, 2018:2).

En cuanto a las afectaciones a la biodiversidad y a los ecosistemas, se advierte que el desarrollo a gran escala de BECCS tendrá profundos impactos en la biodiversidad; principalmente, debido a la conversión o cambio de uso de suelo; se acelera la pérdida de vegetación forestal primaria en pastizales y sabanas; la del hábitat de muchas especies y, por tanto, de la biodiversidad y sus endemismos; incluso en mayor medida que si se incrementara la temperatura en 2.8ºC arriba de los niveles preindustriales (Burns & Nicholson, 2017: 529-530). La producción de biomasa para esta técnica requiere más del doble de suministro de fertilizantes, lo que exacerba la degradación ambiental al perturbarse el ciclo del nitrógeno, ocasionando anoxia en los océanos y eutroficación de cuerpos de agua (Burns & Nicholson, 2017:532).

CONCLUSIONES

La información científica en torno al cambio climático y sus efectos hoy resulta incuestionable, luego entonces, ¿por qué mantenemos la dependencia fósil para sustentar el desarrollo? En realidad, lo que advertimos a lo largo de este trabajo es que el interés por llevar a cabo una verdadera transición energética hacia energías limpias

es algo que no está en la agenda actual del capital global, por lo que se plantean soluciones tecnológicas para disfrazar los compromisos y acciones de todos los países. Ello implicará costos socioambientales incalculables, por tanto, es nuestro deber evidenciar este espejismo y trabajar por el fortalecimiento de la justicia energética que, basada en la gobernanza, impida la aplicación de la geoingeniería basada en CCS y BECCS.

México es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, por lo que sus acciones en torno a la reducción de CyGEI deben ser contundentes y ello exige contar con una base científica sólida que privilegie la sustitución de combustibles fósiles; por lo que es necesario despejar las dudas en cuanto al desarrollo y aplicación de tecnologías como CCS y BECCS respecto a su contribución real en materia de mitigación ante el cambio climático en contextos de gobernanza y justicia energética.

Como ha quedado evidenciado, el principio de precaución implica adelantarse con la debida justificación respecto de posibles daños susceptibles de causar afectaciones graves e irreversibles al medio ambiente y sus elementos y, de forma concomitante, a la salud y vida de los seres vivos. Por tanto, la incertidumbre en torno a la BECCS lejos de liberarnos de la responsabilidad nos compromete aún más hasta en tanto exista evidencia científica sobre la inocuidad o riesgo tolerado implicados.

Resulta prioritario verificar que la implementación de las tecnologías de CCS y BECCS no se traduzca en una transferencia de la responsabilidad de los países desarrollados en cuanto a las obligaciones de mitigar CyGEI a aquellos que están en vías de desarrollo, con impactos para las generaciones presentes e, incluso, futuras.

Es impostergable garantizar la gobernanza en materia de mitigación de CyGEI, que dé lugar a la elaboración de políticas orientadas a un desarrollo económico inclusivo, sustentable y resiliente que evite convertir a los países en vías de desarrollo, como México, en los que asuman los riesgos asociados a tecnologías aún en consolidación, lo cual debe apuntalarse en la justicia energética, a fin de compatibilizar el desarrollo con base en la protección del medio ambiente y la garantía de los derechos humanos.

FUENTES DE CONSULTA

Altomonte, H. & Sánchez, R. J. (2016*) Hacia una nueva gobernanza de los recursos naturales en América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile: Hacia una nueva gobernanza de los recursos naturales en América Latina y el Caribe.

Andorno, R., (2008) Principio de Precaución, en Tealdi, J. C. (Dir.), *Diccionario Latinoamericano de Bioética,* Colombia, UNESCO–Universidad Nacional de Colombia.

Andrews, A.W. et al., (1978) The relationship between mutagenicity and carcinogenicity of some nitrosamines. *Mechanism of Mutagenesis*, 51(3).

Anglés Hernández, M. (2018) Una aproximación a la gestión integral de riesgos asociados al cambio climático en las ciudades mexicanas, en Delgado Ramos,

G. C. (ed.), *Ciudades sensibles al cambio climático: construyendo capacidades para la sustentabilidad y la resiliencia urbana con equidad* (pp. 35-54). México: UNAM, Programa de Investigación en Cambio Climático.

Bickerstaff, K., Walker, G. & Bulkeley. H. (Eds.). (2013) *Energy justice in a changing climate: social equity and low-carbon energy*. London: ZED Books.

Bielicki, J. M. & Stephens, J. C. (2008) *Public Perception of Carbon Capture and Storage Technology*. Harvard: Report on a workshop organized by the Energy Technology Innovation Policy research group of the Belfer Center for Science and International Affairs at Harvard University's John F. Kennedy School of Government.

Burns, W. & Nicholson, S., (2017) Bioenergy and carbon capture with storage (BECCS): the prospects and challenges of an emerging climate policy response, *Journal of Environmental Studies and Sciences,* 7:527-534.

Carbonell León, M. de las N. (2017) "Fracturación hidráulica y principio precautorio". En Anglés Hernández, M., Roux, R. y García Rivera, E. A. (Coords.), *Reforma en materia de hidrocarburos. Análisis jurídicos, sociales y ambientales en prospectiva*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas-Universidad Autónoma de Tamaulipas. https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/9/4308/10.pdf. Recuperado 27 de mayo de 2019

Delgado, G. C. (2012) Geoingeniería, apuesta incierta frente al cambio climático. *Estudios Sociales*, XX(40).

Diario Oficial de la Federación [DOF], (2019) *Ley General de Cambio Climático*. México: 06 de junio de 2012. Últimas reformas del 13 de julio de 2018.

DOF, (1988) *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.* México: Diario Oficial de la Federación. 28 de enero de 1988. Últimas reformas del 13 de mayo de 2016.

DOF, (2014) *Ley de la Industria Eléctrica*. México: Diario Oficial de la Federación. 11 de agosto de 2014.

DOF, (2015) LTE. *Ley de Transición Energética*. México: Diario Oficial de la Federación. 24 de diciembre de 2015.

Ekopolitan (2010). BECCS *and health, Amines, nitrosamines and nitramines. A closer look at the toxic compounds released to the atmosphere by carbon capture process*. Consultado en http://www.ekopolitan.com/climate/ccs-and-toxic-amines Recuperado 27 de mayo de 2019

Fogarty, J. & McCally, M., (2010) Health and Safety Risks of Carbon Capture and Storage *Journal of American Medical Association,* 303(1).

Gobierno de la República. (2015) *Compromisos de mitigación y adaptación ante el*

cambio climático para el periodo 2020-2030. México: Gobierno de la República.

Hammond, J. & Shackley, S. (2010) *Towards a public communication and engagement strategy for carbon dioxide capture and storage projects in Scotland. A review of research findings, CCS Projects experiences, tools, resources and best practices.* Edinburgh: Scottish Centre for Carbon Capture Working Paper.

Heffron, R. J. & McCauley, D. (2014) Achieving sustainable supply chains through energy justice. *Applied Energy*, 123, 435-437. doi:10.1016/j.apenergy.2013.12.034.

IPCC. (2005) La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Resumen para reponsables de políticas y Resumen técnico. PNUMA, OMM. Recuperado de https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf. Recuperado 27 de mayo de 2019

IPCC. (2018a) *Global Warming of 1.5ºC, Summary for Policymakers*, Republic of Korea. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf. Recuperado 27 de mayo de 2019

IPCC. (2018b) *Global Warming of 1.5ºC, Chapter 2,* Republic of Korea. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf. Recuperado 27 de mayo de 2019

Jo Wetter, K. & Zundel, T. (2017) *Geoingeniería. El gran fraude climático.* México: Fundación Heinrich Böll México y el Caribe. http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/geoingenieria_elgranfraudeclimatico_final.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Latham, M. A. (2011) The BP Deepwater Horizon: A Cautionary Tale for BECCS, Hydrofracking, Geoengineering and Other Emerging Technologies with Environmental and Human Health Risk, *William & Mary Environmental Law and Policy Review*, 36(31).

Markusson, N., Shackley, S. & Evar, B. (Eds.). (2012), *The Social Dynamics of Carbon Capture and Storage*, London: Earthscan.

Molina, M. *et al.* (2017) *El cambio climático. Causas, efectos y soluciones.* México: FCE– SEP–CONACYT.

Mulgundmath, V. P. & Bowden, S. (2011) Plant product development: post-combustion CO_2 capture process emissions, Doosan Power Systems for Ayrshire Power Ltd.

ONU. (2015a) *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Naciones Unidas.

ONU. (2015b) Acuerdo de París. París: Naciones Unidas. Recuperado de https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf 27 de mayo de 2019

Schoijet, M. (2008). *Límites del Crecimiento y Cambio Climático*. México: Siglo XXI

Editores.

Séférian, R. et al. (2018) Constrains on biomass energy deployment in mitigation pathways: the case of water scarcity, *Environmental Research Letters*, 13.

SEMARNAT. (2018) *Programa Nacional de Normalización 2018*. México: Diario Oficial de la Federación. 12 de marzo de 2018.

SENER. (2017) *Reporte de Avance de Energías Limpias 2017*. México: Secretaría de Energía.

Svampa, M. (2018). Imágenes del fin. Narrativas de la crisis socioecológica en el Antropoceno. *Nueva Sociedad*, 278.

Capítulo 7

La Integración de los Pueblos Indígenas a la Política Internacional Climática: Un reto de equidad

Israel Solorio, Ixchel Guzmán y Claudia Ros

RESUMEN

El reporte más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático expone algunos caminos para evitar el incremento de la temperatura por encima de los 1.5°C, en los que otorga centralidad al principio de equidad como fórmula para la adaptación y mitigación del cambio climático. A pesar de esta retórica, lo cierto es que los grupos más vulnerables al cambio climático, como el caso de los pueblos indígenas, no cuentan con representatividad en los foros internacionales de política climática. Lo anterior, lleva a la necesidad de repensar la gobernanza climática para otorgar mayor fuerza a las voces de quienes más padecen los impactos del cambio climático. Por lo tanto, el propósito de este capítulo es reflexionar en la forma en que la injusticia climática afecta a los pueblos indígenas y los retos para su integración en la política internacional del clima a través de tres ejes centrales: la injusticia distributiva, procedimental y epistémica. Este capítulo concluye que, para realmente lograr la equidad distributiva y procedimental, es necesario otorgar a los pueblos indígenas la capacidad de acción en el proceso de toma de decisiones y diseño de políticas climáticas que conciernen a sus territorios.

Palabras clave: Pueblos indígenas; cambio climático; equidad; política climática

ABSTRACT

The Intergovernmental Panel on Climate Change most recent report presents some pathways for avoiding the rise of global warming above 1.5º C, which gives a central role to the equity principle as a mean for climate change adaptation and mitigation. Despite this rhetoric, the fact is that the most vulnerable groups to climate change, like indigenous peoples, lack of a proper representation in international climate change fora. This leads to the need of rethinking climate governance in order to give a stronger voice to those who endure the most climate change impacts. Against this background, the purpose of this chapter is to reflect on the way climate injustice affects indigenous peoples and the challenges of their integration in the international climate policy through three main aspects: distributive, procedimental and epistemic injustice. It concludes that to really achieve distributional and procedimental equity it is necessary to give indigenous peoples the capacity of action during the climate policy making process that concerns their territories.

Keywords: Indigenous peoples; climate change; equity; climate policy

INTRODUCCIÓN

Que el cambio climático es inducido por la actividad humana es algo que está fuera de todo cuestionamiento, siendo abrumadoras las evidencias científicas que demuestran que el calentamiento global está asociado con los modos de vida y producción de las sociedades contemporáneas. Las dudas vienen cuando de predecir el futuro aumento de las temperaturas globales y la gravedad de los impactos relacionados se trata. En un llamado de atención para evitar la catástrofe, el más reciente reporte especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) sugiere que son necesarios esfuerzos masivos a escala global que eviten el incremento de la temperatura por encima de los 1.5°C. De lo contrario el mundo podría estar, en tan sólo unos cuantos años, al borde del precipicio climático.

Sin lugar a dudas, las transformaciones necesarias para mantener el cambio climático dentro del límite de lo manejable requieren de la acción decidida por parte de todas las formas de organización social del planeta. Tomando esto en cuenta, el reporte del IPCC –objeto de discusión de este volumen– otorga centralidad al principio de equidad como fórmula para adaptarse al cambio climático y mitigar sus efectos mediante un reparto equitativo de la carga (Allen, Dube, et al., 2018: 51). Si el cambio climático nos afecta a todos, justo es que todos pongamos nuestro granito de arena. No cabe duda, pero como bien reza el preámbulo del Acuerdo de París, existen "responsabilidades comunes pero diferenciadas", las cuales tienen que ser evaluadas "a la luz de las diferentes circunstancias nacionales" (UNFCC, 2015:1). No todos los países tienen la misma responsabilidad histórica respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causantes del cambio climático. Tampoco los costos de su impacto son los mismos, ni entre países ni hacia dentro de ellos. Resulta, por tanto, necesario detenerse a analizar la forma en que el principio de equidad opera, en la práctica, dentro de la política internacional del clima.

Contra las buenas intenciones del IPCC, lo cierto es que la inequidad frente al cambio climático es parte de una desigualdad estructural del sistema político y económico a nivel internacional. Es frecuente encontrar en la literatura, por ejemplo, discusiones sobre la división Norte-Sur en (los costos de) la política climática internacional (ver Blicharska et al., 2017). El propio IPCC reconoce que las poblaciones están expuestas de forma desproporcionada a las consecuencias negativas del cambio climático, donde los pueblos indígenas y las poblaciones dependientes de economías costeras o agrícolas tienen una posición particularmente vulnerable (IPCC, 2018a:11, traducción propia).

También, está documentado que el cambio climático empeora la situación de las personas en condición de pobreza y exacerba la desigualdad, especialmente para quienes se encuentran en desventaja por su género, edad, raza, clase y origen étnico (Roy, Tschakert, et al., 2018:451, traducción propia). Por todo lo anterior, se ha vuelto cada vez más común hablar de justicia climática como un término que hace referencia a la naturaleza ética y política de este problema (Roberts y Parks, 2009).

El argumento es simple: si la justicia y equidad social están llamadas a ser aspectos centrales de los futuros caminos de desarrollo adaptativos al cambio climático como el que propone el IPCC (2018a), resulta urgente atender las injusticias históricas que la política internacional de cambio climático representa, institucionaliza y muchas veces perpetúa.

Según el IPCC (Allen, Dube, et al, 2018:55), equidad es un principio que involucra tanto la justicia procedimental (participación en el proceso de toma de decisión) como justicia distributiva (cómo los costos y beneficios de las acciones climáticas son distribuidos); además de tener tres dimensiones: intergeneracional (entre generaciones), internacional (entre países) y nacional (dentro de los países). Existen, como fue arriba enunciado, diversos grupos especialmente vulnerables al cambio climático y cuyas condiciones especiales necesitan ser atendidas por la política internacional del clima. Sin embargo, el problema se acentúa porque muchos de ellos comparten la falta de representatividad en los foros internacionales (Shawoo y Thornton, 2019). En este contexto, la lógica de la división Norte-Sur bajo la que frecuentemente se analiza el principio de equidad pierde sentido, llevando a la necesidad de repensar la gobernanza climática en aras de darle mayor fuerza a las voces de quienes más padecen los impactos del cambio climático.

Los pueblos indígenas[1] representan, por sus características socio-históricas, un ejemplo paradigmático sobre lo excluyente que puede llegar a ser la política internacional del clima (Ford et al., 2016). Por un lado, sufren de injusticias redistributivas al ser a menudo obligados a abandonar sus tierras sea por la deforestación, la subida del nivel del mar, grandes megaproyectos de infraestructura o bien por conflictos resultados de la escasez de recursos (IIPFCC, 2019). Por el otro, aunque el IPCC sugiere que el conocimiento tradicional indígena puede contribuir a enriquecer el abanico de opciones disponibles para mejorar el manejo de los diversos ecosistemas del planeta (IPCC, 2018a:12), la realidad es que estos están marginalizados de las principales instituciones que forman parte del régimen internacional climático (Comberti et al., 2016). La equidad, entonces, supera los límites de las fronteras políticas entre países y adquiere un sentido mucho más problemático. No puede haber justicia ni equidad climática sin la integración de los pueblos indígenas a la política internacional del clima.

El propósito de este capítulo es reflexionar en torno a la forma en que la injusticia climática afecta a los pueblos indígenas y sobre los retos para su integración en la política internacional del clima. Para ello, este capítulo está estructurado de la siguiente manera. El próximo apartado analiza la forma en que los pueblos indígenas cargan frecuentemente con los costos de las acciones climáticas y pocas veces reciben sus beneficios directos (injusticia distributiva). Tras ello, un siguiente apartado explora cómo se materializa la exclusión de los pueblos indígenas de los principales centros de decisión de la política climática (injusticia procedimental) y los recientes esfuerzos que, a partir de la gobernanza climática, se han hecho para combatir este déficit de participación. El tercer apartado pone el énfasis en algo que denominamos injusticia epistémica, vista como la forma en que la política internacional del clima anula la

1 Existen cerca de 70 millones de personas indígenas alrededor del mundo, agrupados alrededor de unos 5000 grupos indígenas.

capacidad de los pueblos indígenas para transmitir sus conocimientos tradicionales y formas de relacionarse con la naturaleza. Por último, el apartado conclusivo reflexiona sobre el impacto que la exclusión de los pueblos indígenas tiene para el principio de equidad y para el futuro de la lucha global contra el cambio climático.

LOS PUEBLOS INDÍGENAS Y LA INJUSTICIA DISTRIBUTIVA

Desde hace años, las instituciones internacionales han venido señalando que los pueblos indígenas son un grupo especialmente vulnerable frente al cambio climático, siendo frecuente que carguen de manera desigual con los costos asociados al cambio climático y, paralelamente, muy pocas veces son realmente beneficiarios de las políticas de mitigación y adaptación (OHCR, 2015; IPCC, 2018a). La injusticia distributiva que enfrentan los pueblos indígenas tiene un origen estructural y se presenta en forma de círculo vicioso.

Por un lado, estos grupos guardan un estrecho vínculo con el territorio que habitan y los ecosistemas que les rodean (IIPFCC, 2019). Por el otro, históricamente han sufrido de una marginalización económica que los sitúa en algunas de las regiones más pobres del planeta (Comberti, Thorton y Korodimou, 2016). Considerando que la mayor parte de pueblos indígenas viven en zonas remotas y altamente expuestas a los efectos del cambio climático (IPCC, 2019:70) y que el histórico abandono económico que han padecido no ha hecho sino reforzar su dependencia hacia el ecosistema que les rodea (Comberti, Thorton y Korodimou, 2016), resulta por demás claro porqué el cambio climático acrecenta su vulnerabilidad socio-económica. Deforestación, sequías, pérdida de biodiversidad y cambios en la composición del suelo, entre otros fenómenos relacionados con el cambio climático, son afectaciones que alteran sustancialmente las formas de vida y producción de los pueblos indígenas.

Paradójicamente, debido a que son habitantes históricos de los principales ecosistemas del planeta, los pueblos indígenas juegan un papel crucial en la mitigación y adaptación al cambio climático (IIPFCC, 2019). Tomando esto en cuenta, desde el Protocolo de Kioto de 1997 el régimen internacional de cambio climático planteó los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) como fórmula para establecer alianzas entre países desarrollados y países en desarrollo –donde habitan la mayor cantidad de pueblos indígenas– en aras de facilitar el cumplimiento de los objetivos climáticos para los primeros y promover un 'desarrollo sustentable' para los segundos (Van Asselt y Gupta, 2009).

Desde 2007, a partir de la consideración de que son millones los indígenas que habitan en los principales bosques del planeta (siendo personas que generalmente viven fuera de las estructuras financieras y económicas globales), la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal –popularmente conocida como REDD, por sus siglas en inglés– fue reconocida como parte del abanico de opciones disponibles para mitigar el cambio climático (Shroeder, 2010). Su funcionamiento es similar al de los MDL, consistiendo en que los países desarrollados proporcionen una compensación financiera a aquellos países que logren la conservación y mejora de las reservas de carbono de los bosques y su gestión sustentable (Bhullar, 2013).

Como puede observarse, en la práctica el principio de equidad dentro de la política internacional del clima suele ser resuelto con transferencias financieras de los países desarrollados a aquellos en vías de desarrollo. En teoría, este tipo de mecanismos han sido concebidos como una forma de distribuir la carga del cambio climático al asistir a los países en desarrollo en sus políticas de mitigación y adaptación (Ravindranath y Sathaye, 2002:242).

Lo cierto, sin embargo, es que su funcionamiento ha sido duramente criticado por estar orientado hacia la difusión de los valores y formas de vida occidentales, incluso al grado de ser considerado como "colonialismo verde" (Van Asselt y Gupta, 2009:337-338). En efecto, la desigualdad estructural que envuelve la implementación de este tipo de proyectos hace que enfrenten fuertes resistencias locales, principalmente por parte de pueblos indígenas. Por ejemplo, una gran parte de proyectos de MDL ha estado orientada hacia el desarrollo de tecnologías renovables para la generación energética (parques eólicos, parques solares, plantas hidroeléctricas y parques agroindustriales) (Escobar, 2008; Mendoza, 2010).

Sin embargo, existen múltiples casos de resistencia indígena a este tipo de proyectos como parte de una demanda territorial-identitaria. Por un lado, los pueblos indígenas alegan – con razón– que las políticas de mitigación están configuradas sobre la desposesión de sus territorios ancestrales y la sobreexplotación de los recursos naturales de su entorno. Por el otro, existe una demanda de reconocimiento nacional e internacional a su identidad, su modo de vida y su visión sobre la naturaleza y desarrollo como sociedad (Ulloa, 2008). La resistencia puede resumirse de la siguiente forma: no en mi territorio, pero menos sobre mi identidad, cultura y formas tradicionales de producción y de vida.

En contraprestación de un magro beneficio brindado por los países desarrollados, los pueblos indígenas ven limitado el acceso a los recursos naturales de su entorno, sufriendo afectaciones a su territorio, cultura y economía. Lo que para algunos es visto como proyectos climáticos destinados a promover el desarrollo sustentable, para los pueblos indígenas se convierte en una pesadilla que pasa por: la pérdida de su seguridad alimentaria como consecuencia de la alteración de sus ciclos productivos, de la modificación de uso del suelo o la desestructuración de su territorio; daños a la salud de las comunidades por efecto del uso de pesticidas; afectación de la convivencia comunitaria producto de la alteración del equilibrio espiritual y material de los pueblos indígenas provocada por la destrucción de su entorno natural (que había sido culturalmente significado por sus comunidades); desplazamiento forzado y migración como consecuencia directa de la pérdida total del acceso a los medios de subsistencia (Escobar, 2008).

Por poner de ejemplo una de las grandes reservas naturales del mundo, en las selvas del Amazonas, la deforestación causada por este tipo de proyectos mediante la implantación de grandes parques agroindustriales destinados a la siembra de soya –para la producción de biocombustibles– provocó el aumento de la temperatura ambiental y del suelo de la selva. En consecuencia, el ecosistema completo está en riesgo de sabanización y sequía. En palabras de Ulloa, estas transformaciones impactarán directamente en los pueblos nativos de esta región, no sólo con la restricción del acceso a sus fuentes tradicionales de alimento, también en la destrucción de "referentes

culturales ancestrales que se articulan con visiones sobre su territorio e identidad" (Ulloa, 2008:21)

Como bien recoge Aspiroz (2018:227), los pueblos indígenas han comenzado a denunciar este tipo de proyectos como 'falsas soluciones', que presentan los países desarrollados, las multinacionales y las corporaciones financieras, a las que se dan subsidios masivos y producen 'víctimas de las soluciones del cambio climático'.

Ante este aluvión de críticas, algunos autores han propuesto la mejora de las estructuras de gobernanza y el fortalecimiento en la participación de las comunidades en el diseño y la implementación de proyectos climáticos como fórmula para potenciar sus beneficios, poniendo como ejemplo el caso de REDD (Schroeder, 2010:323). Los pueblos indígenas, sin embargo, ven con suspicacia esta propuesta y consideran sólo "causará violaciones de la tierra y los derechos humanos indígenas" (Aspiroz, 2018:227). Salta a la vista pues que los problemas vienen de la exclusión de los pueblos indígenas y su conocimiento tradicional de los procesos de toma de decisión en la formulación de la política internacional del clima.

LOS PUEBLOS INDÍGENAS Y LA INJUSTICIA PROCEDIMENTAL

No deja de ser extraño que los pueblos indígenas, habitantes históricos de los principales ecosistemas del planeta y grandes damnificados del cambio climático, no tengan voz propia dentro de las negociaciones internacionales del clima. No obstante, el régimen internacional de cambio climático (como todas las negociaciones internacionales de índole ambiental) tiene en los Estados el centro de la autoridad y los actores no estatales están limitados a desempeñar un papel informal en las negociaciones.

De hecho, bajo la estructura del régimen internacional de cambio climático, los actores no estatales pueden tener, como máximo, el estatus de observadores (Schroeder, 2010:324). Si bien esta figura abre la puerta a que los pueblos indígenas presenten declaraciones, recomendaciones y propuestas a los Estados (Ford et al., 2016:440), lo cierto es que, en la práctica, su influencia es más bien nula en relación a los resultados de las conferencias (Comberti et al., 2016). Los pueblos indígenas, por tanto, quedan sujetos a la representación de sus respectivos Estados, donde frecuentemente sufren de una historia de colonización, discriminación y marginalización que los ponen en un estado de subrepresentación en los procesos de decisión de la política internacional del clima (Comberti et al., 2016; Shawoo y Thornton, 2019).

Uno de los esfuerzos más significativos para la integración de los pueblos indígenas a los procesos de gobernanza climática fue la Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático y los Derechos de la Madre Tierra, realizada en abril de 2010 en la ciudad de Cochabamba, Bolivia. Promovida por el entonces embajador boliviano en Naciones Unidas, Pablo Solón, esta Conferencia reunió a más de 35 mil asistentes provenientes de 140 países de América Latina y del resto del mundo. Del trabajo colaborativo realizado durante el encuentro internacional surgió el Acuerdo de los Pueblos de Cochabamba, en el que se planteó una alternativa al llamado Entendimiento de Copenhague para enfrentar el problema del cambio climático. Entre sus puntos más relevantes están: la exigencia a los países desarrollados de un

compromiso con metas cuantificadas sobre reducción de emisiones; el reconocimiento de los derechos de la Madre Tierra, cuya garantía resida en distintas medidas de financiamiento, ejecución y justicia; y la creación de un Tribunal de Justicia Climática y Ambiental y de una política de restauración y compensación de daños causados al ambiente (basados en el concepto de deuda climática).

Pese a que estas fórmulas representan una forma de promover la equidad en la política internacional del clima, los planteamientos del Acuerdo de los Pueblos de Cochabamba fueron aplastados mediante los Acuerdos de Cancún derivados de la COP 16 (realizada a finales de 2010), en los que se incrementó sustantivamente los compromisos de financiamiento de los países desarrollados para la mitigación y adaptación (Seoane, 2013). Ningún otro planteamiento originado en la Conferencia de Cochabamba fue retomado por las negociaciones internacionales del clima, siendo esta una de las más recientes ejemplificaciones de la exclusión de la voz de los pueblos indígenas en los procesos de toma de decisión.

En un intento por facilitar el intercambio de experiencias y de incluir a la marginalizada voz indígena dentro de las negociaciones internacionales sobre el clima, en 2017 se estableció la Plataforma de Comunidades y Pueblos Indígenas (en adelante referida como la Plataforma de Pueblos) (Shawoo y Thornton, 2019:1). En su reporte de 2018, los participantes de esta Plataforma señalaron su potencial para aumentar la participación de los pueblos indígenas en las negociaciones internacionales del clima, además de indicar la falta de financiamiento y apoyo técnico como elementos esenciales para su adecuada operacionalización (LCIPP, 2018). Sea como sea, este experimento de gobernanza climática y organización transnacional debe ser visto como un intento por superar la marginalización política doméstica a la que los pueblos indígenas están condenados por sus gobiernos nacionales (Comberti et al., 2016; Shawoo y Thornton, 2019). Lo cierto, sin embargo, es que para ello queda un largo camino por recorrer.

La injusticia procedimental que enfrentan los pueblos indígenas también tiene una faceta en la política nacional. Desde 1989, en el marco del Convenio 169 de la OIT, se reconoce la consulta comunitaria como mecanismo para favorecer la participación de las comunidades en los procesos de toma de decisión relacionados con el desarrollo de megaproyectos en territorio indígena. Según este acuerdo, son los gobiernos nacionales los responsables de proteger los derechos de los pueblos y garantizar su integridad en los casos en los que medidas legislativas o administrativas sean susceptibles de afectarles directamente (Convenio 169 de la OIT, artículos 2 y 6).

A diferencia de otros procedimientos de participación ciudadana, la consulta indígena debe caracterizarse por cumplir con los estándares irreductibles que señala el marco jurídico internacional. Estos estándares son: el principio de buena fe durante los procesos, ser sistemática y transparente, con carácter previo, libre de coerción, con información basta y suficiente, así como culturalmente adecuada; el objetivo de las consultas indígenas es la búsqueda del acuerdo y, en los casos que así se requiera, el consentimiento (CIDH, 2009).

La realidad, no obstante, es que la consulta comunitaria ha quedado como un acuerdo sobre papel y son contadas las ocasiones en que ha servido para dar voz a los pueblos indígenas en relación al desarrollo de proyectos climáticos en su territorio. Por

el contrario, los procesos de consulta han servido para simular procesos participativos donde lo que en realidad sucede es la imposición de proyectos.

Por ejemplo, América Latina es una región en la que existen diversos conflictos ambientales por la implementación de megaproyectos energéticos subsumidos a las políticas de mitigación climática (poco más de 80, de acuerdo con el Atlas de Justicia Ambiental).

No obstante, la consulta indígena raras veces se ha puesto en práctica. De acuerdo con el Reporte Regional sobre el Convenio 169 de la OIT (OIT, 2016) realizado a partir de la evaluación a cuatro países de la región (Colombia, Costa Rica, Guatemala y Chile), Colombia es el país en el que más consultas indígenas han sido realizadas en función del desarrollo de infraestructura para proyectos energéticos, 198 en total; le sigue Chile con nueve consultas realizadas con motivo del desarrollo de centrales eólicas, plantas hidroeléctricas y construcción de líneas de transmisión eléctrica; Costa Rica únicamente tiene registro de una consulta realizada para el desarrollo de un proyecto hidroeléctrico. En el caso de Guatemala, ninguna consulta indígena ha sido realizada bajo los estándares internacionales de derechos humanos (OIT, 2016).

Sin duda, los procesos de consulta comunitaria son un camino para atender la inequidad procedimental que enfrentan los pueblos indígenas en relación a la política internacional del clima. Para que así suceda, es necesario reforzar los marcos regulatorios nacionales para asegurar que estos procesos cumplan con los estándares internacionales señalados por la OIT.

LOS PUEBLOS INDÍGENAS Y LA INJUSTICIA EPISTÉMICA

Sabedores de su valor, los pueblos indígenas promueven activamente el uso del conocimiento tradicional como un camino para desarrollar estrategias efectivas de adaptación y mitigación al cambio climático (Schroeder, 2010:323). El propio reporte del IPCC propone la movilización del conocimiento tradicional e indígena como parte de las estrategias de adaptación y mitigación debido a que la memoria social colectiva y la experiencia acumulada dotan a las comunidades indígenas de una gran capacidad adaptativa en el manejo de los sistemas agroecológicos. Sin embargo, el reporte también reconoce que el conocimiento indígena se encuentra amenazado por factores como la aculturación, el despojo del territorio, los cambios ambientales y la colonización, entre otros; estas amenazas pueden exacerbarse si la política climática no posee un entendimiento integral de las visiones de mundo indígenas (de Coninck, Revi, et al., 2018:337). Con este telón de fondo, resulta de vital importancia preguntarse sobre cómo integrar este conocimiento indígena en las políticas climáticas de adaptación y mitigación para un futuro sustentable.

En primer lugar, es necesario definir qué se entiende por conocimiento indígena. El IPCC lo define como el conjunto de interpretaciones, habilidades y filosofías desarrolladas por sociedades con largas trayectorias de interacción con su medio ambiente; este conocimiento integra los complejos culturales y abarca lenguaje, sistemas de clasificación, manejo de recursos, interacciones sociales, valores, rituales y espiritualidad (IPCC, 2018b:551-552).

No obstante, el conocimiento indígena puede tener diferentes nombres (como conocimiento ecológico tradicional, conocimiento local o conocimiento tradicional) y diferentes definiciones; por lo tanto, no existe un consenso en una definición operativa que pueda ser aplicada a través de diversas disciplinas (Smith y Sharp, 2012:468).

En un afán por representar su cosmología, Fikret Berkes entiende por conocimiento indígena un cuerpo cumulativo de conocimiento, prácticas y creencias sobre la relación entre seres vivos (incluyendo a los humanos) y con el entorno, que evoluciona a través de procesos adaptativos y es heredado en cada generación por transmisión cultural (Berkes en Shawoo y Thornton, 2019:3). Lo cierto, sin embargo, es que, también existen otras visiones mucho más utilitaristas sobre este concepto, siendo estas frecuentemente las que se aplican en la política internacional del clima.

En efecto, para terminar con la exclusión de los pueblos indígenas en las decisiones de política climática internacional, es necesario detenerse a reflexionar sobre las implicaciones éticas y políticas de la integración del conocimiento indígena en los términos del conocimiento occidental. Algunas de estas implicaciones son

a) durante las negociaciones, los pueblos indígenas son representados por los Estados de los que forman parte, a pesar de las estrategias de marginalización y discriminación que estos mismos Estados han infligido sobre los pueblos indígenas (Comberti, Thornton, et al. 2016:7);

b) el mismo concepto de conocimiento indígena o tradicional es una creación de la ciencia occidental basado en el dualismo cartesiano, por lo que se vuelve una categoría impuesta ya que ninguna comunidad indígena clasificaría su visión del mundo como conocimiento indígena o tradicional *per se* (Smith y Sharp, 2012:468); y

c) las relaciones de poder existentes determinan una incorporación desigual de los conocimientos indígenas lo que, en lugar de contrarrestar, reafirma el sesgo cultural occidental (Shawoo y Thornton, 2019:3).

Como ya fue mencionado en el apartado anterior, uno de los primeros intentos para integrar a los actores indígenas (y no sólo sus conocimientos) a la toma de decisiones de la política internacional del clima fue la creación de la Plataforma de Pueblos. Los objetivos para esta plataforma son superar la integración del conocimiento indígena como un fin en sí mismo y llegar, a través de la descolonización de las metodologías, a la incorporación de las comunidades indígenas en todas las fases del proceso desde la investigación y la interpretación de resultados hasta la implementación de las políticas; así como asegurar el respeto a los derechos indígenas (Ford, Maillet, et al., 2016:440).

Ante esto, la descolonización de las metodologías de la política climática debe comenzar con el cuestionamiento a la literatura científica sobre el cambio climático, la cual plantea que los humanos forman una unidad como especie (Chakrabarty, 2012:2). Pensar la civilización humana como un todo es totalizante en el sentido que niega los diferentes papeles que han tenido diversos sectores de la población mundial en el

cambio climático.

Pero este proceso debe seguir con la ruptura del pensamiento político moderno que ha permitido a los humanos mirar la naturaleza a partir de una relación entre sujeto y objeto (Latour, 2004). Por ejemplo, los indígenas masewal del centro de México identificaron los desastres climáticos no como una consecuencia del capitalismo histórico, sino como una repercusión de la negligencia humana con los acuerdos antiguos y el abandono de los espíritus de la tierra para seguir ambiciones económicas (Questa, 2018:134).

Así pues, las comunidades indígenas poseen el conocimiento necesario para terminar con la objetivación de la naturaleza, misma que explica la crisis climática en la que estamos inmersos. Está por verse si este es un conocimiento que los Estados (y los intereses que vienen detrás) desean promover dentro de la política internacional del clima. Pero lo cierto es que, mientras no se deje de ver el conocimiento de los pueblos indígenas bajo un sesgo occidental, seguirá habiendo una injusticia epistémica que imposibilita a estos grupos transmitir sus conocimientos tradicionales y formas de relacionarse con la naturaleza.

CONCLUSIONES

A la luz del más reciente reporte del IPCC, muchos esfuerzos se han hecho por entender la política internacional del clima a partir del principio de equidad. En este sentido, mucho se ha escrito respecto a su dimensión internacional y la brecha que existe entre países. Por el contrario, pese a que el cambio climático no hace sino profundizar la vulnerabilidad y brechas de desigualdad existentes al interior de los países, la dimensión nacional de este principio ha sido ampliamente obviada. Con este telón de fondo, este capítulo se ha detenido a explorar a los pueblos indígenas como damnificados del cambio climático a partir de tres ejes de análisis: injusticia distributiva, procedimental y epistémica.

Como ha sido analizado, la injusticia distributiva que enfrentan los pueblos indígenas tiene un origen estructural y es un círculo vicioso donde el cambio climático no hace sino acrecentar su vulnerabilidad socio-económica. Por si esto fuera poco, las soluciones generadas por la política internacional del clima como los MDL y REDD sólo han generado afectaciones al territorio, cultura y economía de los pueblos indígenas.

En la práctica, el principio de equidad ha sido operado mediante transferencias financieras que dejan sólo magros beneficios a los pueblos indígenas a costa del despojo y el llamado colonialismo verde. En efecto, parte de la explicación sobre la injusticia distributiva que enfrentan los pueblos indígenas pasa por entender la injusticia procedimental y epistémica que también padecen.

Debido al diseño del régimen internacional de cambio climático, los Estados son el centro de la autoridad en la materia. Quedando formalmente relegados al status de observadores, lo que los pueblos indígenas viven en la política internacional del clima es sólo una continuación de la historia de colonización, discriminación y marginalización que viven a nivel nacional. Como ejemplo, basta ver la forma en que

los gobiernos nacionales se hicieron de oídos sordos ante la Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático y los Derechos de la Madre Tierra y las demandas indígenas por promover una verdadera justicia y equidad climática. Ante este fracaso, experiencias de gobernanza climática como la Plataforma de Pueblos han tratado de incluir a la marginalizada voz indígena dentro de las negociaciones internacionales sobre el clima.

Mientras estas experiencias se consolidan, es importante no perderle la pista a los procesos de consulta comunitaria como forma de solventar la injusticia procedimental que viven los pueblos indígenas. No puede haber principio de equidad sin la consideración de que los pueblos indígenas son actores con poder de decisión en la política internacional del clima.

A nadie le queda duda, IPCC incluido, que los pueblos indígenas tienen mucho conocimiento que aportar para el diseño de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. Ahora bien, vencer la exclusión estructural que ha subyugado a los pueblos indígenas pasa por el reconocimiento de sus propias formas de interacción con el entorno natural.

El conocimiento indígena no puede ni debe ser incorporado a las políticas climáticas adoptadas a nivel internacional sin antes dejar a un lado el sesgo occidental que generalmente subyace detrás de los promotores de esta integración. En efecto, terminar con la injusticia epistémica a la que están sometidos los pueblos indígenas pasa por concebir la naturaleza más allá de una relación sujeto y objeto. Mientras esto no suceda, el principio de equidad seguirá estando escrito en papel mojado y el mundo se acercará cada vez más al precipicio climático. El camino hacia los 1.5°C tiene parada en Cochabamba.

Agradecimientos

La investigación de la que se nutre este trabajo es parte de los resultados del proyecto PAPIIT-IA303517 “La política nacional de cambio climático: retos institucionales para la gobernanza ambiental en México (ClimaMex)”.

FUENTES DE CONSULTA

Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, y K. Zickfeld. (2018) Framing and Context. En: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., y Waterfield, T. (Eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. En prensa.

Azpíroz, M. L. (2018) Actores sociales en la Cumbre del Clima de París: el mensaje de pueblos indígenas, grupos religiosos, mujeres y jóvenes. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 63(233), 221-254.

Bhullar, L. (2013) REDD+ and the clean development mechanism: A comparative perspective. *International Journal of Rural Law and Policy*, 1, 1-8.

Blicharska, M., Smithers, R. J., Kuchler, M., Agrawal, G. K., Gutiérrez, J. M., Hassanali, A., Huq, S., Koller, S., Marjit, S., Mshinda, H. M., Masjuki, H. H., Solomons, N. W., Van Staden, J. y Mikusiński, G. (2017) Steps to overcome the North–South divide in research relevant to climate change policy and practice. *Nature Climate Change*, 7, 21–27.

Chakrabarty, D. (2012) Postcolonial Studies and the Challenge of Climate Change. *New Literary History*, 43(1), 1-18. doi: 10.1353/nlh.2012.0007

Climate Debt (s.f.) *Environmental Justice Atlas*. Recuperado de: https://ejatlas.org/featured/climate-debt Recuperado 27 de mayo de 2019

Comberti, C., Thornton, T.F. y Korodimou, M. (2016) Addressing Indigenous Peoples Marginalisation at International Climate Negotiations: Adaptation and resilience at the margins. Working paper. University of Oxford, UK: Environmental Change Institute.

Comisión Interamericana de Derechos Humanos (2009) Derechos de los Pueblos Indígenas y Tribales sobre sus Tierras Ancestrales y sus Recursos Naturales. Normas y Jurisprudencia del Sistema Interamericano de Derechos Humanos. Recuperado de: https://www.oas.org/es/cidh/indigenas/docs/pdf/tierras-ancestrales.esp.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

de Coninck, H., A. Revi, M. Babiker, P. Bertoldi, M. Buckeridge, A. Cartwright, W. Dong, J. Ford, S. Fuss, J.-C. Hourcade, D. Ley, R. Mechler, P. Newman, A. Revokatova, S. Schultz, L. Steg, y T. Sugiyama. (2018) Strengthening and Implementing the Global Response. En Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., y Waterfield, T. (Eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. En prensa.

Escobar, E. (2008) "Las mujeres indígenas: víctimas y protagonistas de la resistencia contra los megaproyectos". En En Ulloa, A., Escobar, E., Donato, L., y Escobar, P. (Eds.) *Mujeres indígenas y cambio climático. Perspectivas latinoamericanas.* Colombia: UNAL-Fundación Natura de Colombia-UNODC: 85-103.

Ford, J., Maillet, M., Pouliot, V., Meredith, T., y Cavanaugh, A. (2016) Adaptation and Indigenous peoples in the United Nations Framework Convention on Climate

Change. *Climatic Change*, 139, 429-443.

IIPFCC. (2019) *About the International Indigenous Peoples' Forum on Climate Change*. International Indigenous Peoples' Forum on Climate Change. Recuperado de http://www.iipfcc.org/quienes-somos Recuperado 27 de mayo de 2019

IPCC. (2018a) Summary for policymakers. En Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., y Waterfield, T. (Eds.), *Global warming of 1.5C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (32 pp). Ginebra, Suiza: World Meteorological Organization.

IPCC. (2018b) Annex I: Glossary. En Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., y Waterfield, T. (Eds.), *Global warming of 1.5C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. En prensa.

Latour, B. (2004) *Politics of nature: How to bring the sciences into democracy*. Massachusetts, Estados Unidos de América: Harvard University Press.

Local Communities and Indigenous Peoples Platform. (2018) *Report of the multi-stakeholder workshop: Implementing the functions of the Local Communities and Indigenous Peoples Platform*. Documents-LCIPP: United Nations Framework Convention on Climate Change. Recuperado de https://unfccc.int/topics/local-communities-and-indigenous-peoples-platform/the-big-picture/introduction-to-lcipp/documents-lcipp Recuperado 27 de mayo de 2019

Mendoza, E., y Pérez, V. (2010) "Energías renovables y movimientos sociales en América Latina". *Estudios Internacionales,* no. 165: 109-128.

OHCR. (2015) *Understanding Human Rights and Climate Change*. Recuperado de https://www.ohchr.org/Documents/Issues/ClimateChange/COP21.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Organización Internacional del Trabajo (2016) Reporte Regional. Convenio núm. 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes y la consulta previa a los pueblos indígenas en proyectos de inversión. Recuperado de: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_507556.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Organización Internacional del Trabajo (1989) Convenio 169 Sobre Pueblos

Indígenas y Tribales en Países Independientes

Questa, A. (2018) Montañas en resistencia. Cosmopaisajes masewal ante el cambio climático y el extractivismo. *Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas*, 72, 123-143.

Ravindranath, N. H. y Sathaye, J. A. (2002) *Climate Change and Developing Countries*. Dordrecht, Países Bajos: Kluwer Academic Publishers.

Roberts, J. T., y Parks, B. C. (2009) Ecologically Unequal Exchange, Ecological Debt, and Climate Justice: The History and Implications of Three Related Ideas for a New Social Movement. *International Journal of Comparative Sociology*, 50(3–4), 385–409.

Roy, J., P. Tschakert, H. Waisman, S. Abdul Halim, P. Antwi-Agyei, P. Dasgupta, B. Hayward, M. Kanninen, D. Liverman, C. Okereke, P.F. Pinho, K. Riahi, y A.G. Suarez Rodriguez. (2018) Sustainable Development, Poverty Eradication and Reducing Inequalities. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., y Waterfield, T. (Eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. En prensa.

Schroeder, H. (2010) Agency in international climate negotiations: the case of indigenous peoples and avoided deforestation. *International Environmental Agreements*, 10(4), 317-332.

Seoane, J. (2013) "Crisis climática: gestión sistémica, falsas soluciones y alternativas desde los pueblos". En Seoane, J., Taddei, E., y Algranati, C. *Extractivismo, despojo y crisis climática.* Argentina: Ediciones Herramienta, Editorial El Colectivo: 285-315.

Shawoo, Z., Thornton, TF. (2019) The UN local communities and Indigenous peoples' platform: A traditional ecological knowledge-based evaluation. *WIREs Climate Change*, 10(1), 1-10. doi: https://doi.org/10.1002/wcc.575

Smith, H. A. y Sharp, K. (2012) Indigenous climate knowledges. *WIREs Climate Change*, 3, 467–476. doi: 10.1002/wcc.185

UNFCCC. (2015) *Acuerdo de París*. Recuperado de: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Ulloa, A. (2008). "Implicaciones ambientales y culturales del cambio climático para ls pueblos indígenas". En Ulloa, A., Escobar, E., Donato, L., y Escobar, P. (Eds.) *Mujeres indígenas y cambio climático. Perspectivas latinoamericanas.* Colombia: UNAL-Fundación Natura de Colombia-UNODC: 17-34.

van Asselt, H. y Gupta. (2009) Stretching Too Far? Developing Countries and the Role of Flexibility Mechanisms Beyond Kyoto. *Stanford Environmental Law Journal*, 28(2), 311-379

Capítulo 8

Bienes comunes y bien común en el urbanismo.

La contribución de la colaboración en el cuidado y la regeneración de bienes comunes a la sostenibilidad de las ciudades

Teresa Parejo-Navajas

RESUMEN

Los bienes comunes pueden ser considerados y operar como elementos esenciales en la consecución del fin –el bien común- propio del urbanismo en tanto que aptos para contribuir decisivamente a la realización de los objetivos de sostenibilidad de las ciudades de la Agenda 2030 otorgando el protagonismo que el neoliberalismo ha arrebatado a los ciudadanos sin ofrecerles, a cambio, soluciones que garanticen su bienestar.

Palabras clave: bienes comunes, desarrollo sostenible, Agenda 2030, economía del bien común, ciudades sostenibles.

ABSTRACT

The commons are very well fitted to support and help achieve the sustainable development goals in cities and for that, they can be seen as essential elements of the so called urbanism of the common good, a new way for city planning aimed at attaining the happiness and wellbeing of citizens around the world.

Key words: the commons, sustainable development, 2030 Agenda, the economy of the common good, sustainable cities.

INTRODUCCIÓN

No existe en el mundo un modelo único de ciudad. Cada una presenta sus propias características y problemas en función de su estructura y nivel de desarrollo económico, composición social, cifra de población, estructura y situación demográfica, cultura, sistema jurídico e institucional y política general. Sin embargo, a pesar de esta diversidad, todas ellas se enfrentan a un reto común: el desarrollo urbano sostenible

según se define en la Agenda 2030 acordada en 2015 por las Naciones Unidas[1] y cuyo Objetivo 11 incluye el incremento de la prosperidad económica y capacidad competitiva de las ciudades y comunidades; la reducción del desempleo, de la exclusión social, de la creciente desigualdad y de la pobreza -también existente en las ciudades más ricas-; y la protección y mejora del medio ambiente urbano y de la calidad de vida de sus ciudadanos.

A todos estos problemas se añaden los derivados del cambio climático, cuya dinámica crea un inmenso problema de desigualdad entre los países más ricos, generadores (con su actividad) de dicho cambio y sus peligrosos efectos, y los más vulnerables, incapaces de afrontar sus destructivas consecuencias (Borrás, 2017). Es claro, por ello, que los efectos de este fenómeno global son particularmente graves para las comunidades menos desarrolladas, pero que, sin embargo, apenas han contribuido a generarlo. En este sentido, el informe especial del IPCC de 2018 muestra la envergadura del reto cuando indica que serán necesarias enormes e inmediatas transformaciones para evitar los daños más catastróficos derivados del cambio climático, para lo que todos, sector público, privado, gobiernos y ciudadanos, naciones y ciudades, deberán actuar con fuerza y determinación. (IPCC, 2018)

Además, la globalización comporta un dualismo social: al tiempo que el colectivo social "globalizado" se siente más libre para moverse en el territorio y, por tanto, menos limitado por las condiciones locales de la ciudad en la que vive, aquéllos que siguen siendo "locales" por necesidad se ven fuertemente afectados por las cambiantes condiciones generadas por dicha globalización de cuyas consecuencias no pueden, sin embargo, evitar, lo que alimenta así de nuevo, la espiral de injusticia (Beck, 2018). Mientras el mundo se globaliza, sus gentes se vuelven hacia sí mismas individualizándose cada vez más, en una generalizada "expulsión del otro" (Han, 2018). La ideología del miedo genera un falso reclamo de una mayor seguridad que se traduce en dinámicas de ahogamiento de los espacios públicos y, con ello, la inviabilidad del desarrollo pleno del denominado *derecho a la ciudad*. (Borja, 2012)

Y en el ámbito de la administración, la individualización se concreta en la pérdida del sentido y espacio de lo público. Nos enfrentamos a un tiempo en el que buena parte de las funciones públicas han sido transferidas a instituciones transnacionales o, incluso, globales y también a privadas, provocando la desaparición del papel ejercido tradicionalmente por las instituciones públicas, difuminándose así también, a la postre, la responsabilidad de éstas. Es éste fenómeno el que viene suscitando la reacción de la sociedad civil.

En efecto, se están abriendo cada vez con mayor claridad nuevos caminos de potenciación del espacio público mediante iniciativas innovadoras basadas en la colaboración de la sociedad con los sectores público y privado, proceso ejemplificable

1 La Agenda 2030, acordada de forma unánime por todos los Estados miembros de Naciones Unidas en el año 2015, define un fin de bienestar común global a través de 17 objetivos de desarrollo sostenible y 169 metas, para cuyo logro, en las ciudades, los comunes se sitúan como herramientas de sostenibilidad al servicio de todos y en beneficio de la comunidad, particularmente en aquéllas que carecen de otros recursos y que, por tanto, son más vulnerables. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

en la llamada "economía del bien común"[2], en la que los valores se orientan hacia el interés general y el bienestar de las personas, para generar el cambio en las esferas social y ambiental a través de procesos abiertos y participativos(Felber, C. & Hagelberg , 2017), con el fin de lograr los objetivos de sostenibilidad definidos por la Agenda 2030.

Así, para que estas transformaciones sean posibles, se plantea la adopción de un nuevo modelo económico centrado (de nuevo, tras su abandono) en la búsqueda del interés general o bien común. Muchos expertos urbanistas coinciden en indicar que este complejo escenario ofrece una gran oportunidad para mejorar la vida de la gente, y que las ciudades son el lugar ideal para lograrlo, pues es en ellas donde la mayoría de la población vive y trabaja y donde confluyen el conocimiento y la creatividad, motores del cambio y del desarrollo.

En este sentido, una de las propuestas más interesantes surgidas para devolver la ciudad a sus ciudadanos a través de verdaderas fórmulas de participación, es el que propone que los bienes comunes, en consonancia con los modelos económicos alternativos, sirvan de instrumentos de articulación de un urbanismo sostenible para lograr ciudades justas, democráticas y diseñadas por y para los ciudadanos. Esta nueva perspectiva utiliza la idea de los bienes comunes para devolver el poder de decisión a los ciudadanos y así construir un nuevo sistema más justo y basado en la armonía de la sociedad y la naturaleza.

LOS BIENES COMUNES

Los bienes comunes tienen una ya larga historia que comienza en la Edad media y que, olvidada durante la etapa de las masivas privatizaciones y del capitalismo desenfrenado, ha vuelto a generar interés al tiempo del desarrollo de los movimientos ciudadanos surgidos en respuesta al abandono de lo público. Las propuestas basadas en los bienes comunes se asocian al replanteamiento del sistema de distribución de la riqueza y del patrón de consumo de la sociedad actual.

De esta manera, los comunes trascienden la división tradicional entre lo público y lo privado para situarse en un lugar intermedio capaz de abrir nuevas vías de cooperación y de proponer soluciones innovadoras en las que todas las partes interesadas, actores públicos, privados y sociedad civil, están necesariamente implicados. Al interés generado por los bienes comunes como instrumento de revolución social se añade también el creado por la indiferencia de su naturaleza jurídica, ni pública ni privada, y por su capacidad, por la forma en que articula las relaciones entre los ciudadanos, para generar soluciones que contribuyan a la sostenibilidad de las ciudades.

2 Sistema económico alternativo al capitalismo diseñado por el economista alemán Christian Felber, basado en valores éticos y donde el objetivo último es el bien común.

Definición de los bienes comunes y su relación con el bien común

El término "comunes" se ha asociado tradicionalmente con los recursos naturales, tales como los océanos, los bosques (parques nacionales, en palabras de Hardin, 1968: 1245) o los prados "abiertos a todos" (Hardin, 1968: 1244). Más recientemente (Mattei, 2013a: 367-368), y coincidiendo con la proliferación de las privatizaciones (Mattei, 2013b) y su resultado de pérdida del espacio público, especialmente en Europea occidental (Bortolotti y Milella, 2006), el concepto ha adoptado una perspectiva más filosófica, evolucionando hacia un "paradigma" que se manifiesta en la práctica "siempre que una comunidad decide gestionar sus recursos de forma colectiva, en particular, para lograr el acceso y el uso a los mismos de forma equitativa y sostenible." (Bloemen y Hammerstein 2015: 15)

Son los denominados "new commons" (Tornos, 2017) que añaden a los elementos de la naturaleza (recursos naturales), otros que incluyen tanto elementos tangibles, como los espacios e infraestructuras urbanos, y otros intangibles, como la cultura (Bloemen y Hammerstein 2015: 15) (en un sentido amplio) o el conocimiento y la información (licencias y gestión de la información) (Bloemen y Hammerstein 2015: 18).

Así, autores como Laval y Dardot los definen como un nuevo "paradigma de organización" que antepone la participación y el uso social y ecológico de los recursos al derecho de propiedad. (Laval y Dardot, 2015) Por lo tanto, puede decirse que, conforme a esta nueva visión, los comunes están pasando de ser meros "elementos estáticos", cuya existencia se encuentra en constante peligro de desaparición por su naturaleza fungible, hacia otros de naturaleza "evolutiva", por su capacidad de auto-creación y auto-regeneración[3].

Los bienes comunes no son reductibles al binomio recursos públicos-privados, pues trascienden la lógica de ésta al ser más bien bienes compartidos que incluyen elementos que no pueden ser apropiados por nadie, ni, por tanto, privatizados. Y aunque la tradición constitucional liberal en Europa ha protegido históricamente la propiedad privada frente a lo público -como en el caso de la expropiación forzosa- quedando la propiedad pública, la de la colectividad, desprotegida frente a aquélla (Mattei, 2013a: 9-10), en realidad puede pensarse en un objetivo común, y de interés general, al servicio del cual deban estar todos los bienes, independientemente de su naturaleza jurídica.

En efecto, la naturaleza pública o privada de un bien o servicio no impide su consideración como bien común si éste se destina a un objetivo sin ánimo de lucro y se fundamenta en el principio de sostenibilidad[4]. En un mundo que debe hacer frente a retos de una envergadura y complejidad inquietantes, los "bienes de los que todos podemos disfrutar pero que precisamente por ello corren el riesgo de ser perjudicados, apropiados o destruidos por su uso intensivo" (Tornos, 2017), deben ser protegidos por el Derecho para que puedan destinarse de manera sostenible a mejorar "la vida de todos" (Tornos, 2017).

En la mayoría de los casos la gestión y el uso de los bienes comunes, en su acepción tradicional, se ha venido produciendo mediante sistemas de regulación informales (Bodanski, 2011: 52). Sin embargo, algunos países, como Italia, se han planteado ya, recientemente, regular los nuevos bienes comunes, otorgándoles protección legal de

3 http://www.eurozine.com/how-the-commons-can-revitalize-europe/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

4 European Charter of the Commons, punto 11. http://arhiv.zofijini.net/zofijini.org/skupnost%20eu%20Rim.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

rango constitucional[5] en tanto que herramientas de autogestión ciudadana[6].

Breve historia de la evolución de los bienes comunes y su función actual

En el Derecho Romano, las *res communes omnium* eran aquéllas "cosas" comunes a todos según el Derecho Natural, tales como el aire, el agua, los océanos y su costa (D.1.8.2.1)[7]. La gran división que interesaba era la de las cosas *intra* y *extra commercium*, es decir, entre aquéllas que eran susceptibles de apropiación, y las que no lo eran por estar fuera del tráfico.

El "dominium" representaba el mayor grado de propiedad, y variaba según las características legales de cada cosa concreta. Las "res extra commercium" se situaban al margen del comercio ordinario y, por tanto, no podían ser adquiridas por nadie o someterse a ningún acuerdo económico, inter vivos o mortis causa. Entre estas "res extra commercium" estaban las cosas divinas ("res divini"), las "cosas santas ("res sanctae") y las cosas comunes o de todos ("res communes ómnium"). (Carrasco, 2001)

La lógica del Derecho romano fue posteriormente utilizada por Francisco de Vitoria para justificar el derecho de los indios al uso de los comunes (Añaños, 2014). Esta visión de las *res communes* desapareció con la evolución del Derecho occidental, al tiempo de la unión de los paradigmas del individualismo y de la propiedad privada (Mattei, 2011: 2). Los comunes habían sido ignorados, eliminados, de los contextos legal y político, quedando únicamente dos escenarios posibles: el público (el Estado) y el privado (el mercado). (Mattei, 2011: 2)

Los orígenes más inmediatos de la preocupación por los bienes comunes se remontan a la Europa medieval, al tiempo del proceso de los "cercamientos" (Bradley, 1918) (y por tanto, de su desaparición) que comenzó durante la revolución agrícola británica del siglo XVI. Durante ese tiempo, los prados comenzaron a cultivarse de manera intensiva, lo que causó que la tierra que había sido de propiedad común de la comunidad, tuviera que trasladarse a prados más altos, en las montañas. Este fenómeno generó conflictos entre los propietarios de la tierra y aquéllos que, sin posibilidad de competir, debían trabajar en las granjas que se beneficiaban del cercamiento de las tierras (Bollier y Helfrich, 2014).

Como en la mayoría de las historias de desigualdad, el poder se manifestó a través de la institución de la propiedad privada: todos los que eran propietarios de la tierra tenían derechos de propiedad sobre los comunes (Bollier y Helfrich, 2014). La gestión de la tierra se dio a una cooperativa que conformó la institución comunal, y solo cuando la época de cosechas había terminado, podrían aquéllos que no eran miembros usar la tierra en su propio beneficio (Bollier y Helfrich, 2014).

Los estudios más recientes sobre los bienes comunes traen causa de los más influyentes ensayos –de entre los estudiosos de la materia- de los estadounidenses Garret Hardin y de Elinor Ostrom.[8] En *La Tragedia de los Comunes* de 1968, Hardin sostuvo que el consumo de los recursos naturales será insostenible e imposible de resolver por el aumento continuo de la población (Hardin, 1968: 1244-1245. Su razonamiento

5 En este sentido, la Ley constitucional 3/2001 de reforma parcial del artículo 118 de la Constitución italiana, que establece que "el Estado, Región, Ciudades metropolitanas, Provincia y Municipios, deben favorecer la libre iniciativa de los ciudadanos, de forma individual o asociada, con el fin de llevar a cabo actividades de interés general, en base al principio de subsidiariedad".

6 Es el caso de la Carta Europea de los Comunes de iniciativa del Ayuntamiento de Nápoles (Italia), y apoyada en el mecanismo de iniciativa ciudadana europea regulada en el Reglamento (UE) nº 211/2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de febrero de 2011 (DO L 65 de 11.3.2011), accesible en https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R0211-20150728&from=ES (Acceso 27 de mayo de 2019).

7 Dig. 1.8.2.1, Marcianus 3 inst. *"Et quidem naturali iure omnium communia sunt illa: aer, aqua profluens, et mare, et per hoc litora maris."* Digesto: Liber Primus: Available at: http://www.thelatinlibrary.com/justinian/digest1.shtml (Acceso 27 de mayo de 2019).

8 Entre otros, Herman E. Daly, H. Scott Gordon, Carol Rose, Jeremy Rifkin, Susan Buck, Gregorio Arena, etc.

fue, además, asumido por la "academia ortodoxa del otro lado del Atlántico" (Mattei, 2013b: 24) que popularizó una idea que el ensayo de Hardin realmente no contenía: una teoría de apoyo a la propiedad privada.

En efecto, según aquéllos contrarios a las tesis keynesianas, los comunes solo podían gestionarse de forma eficiente a través de su privatización (Mattei, 2013b: 25). Con base en esta concepción del funcionamiento de la sociedad, que ha sido hegemónica en el mundo occidental desde la caída del muro de Berlín, todas las formas de control público sobre los mercados fueron eliminadas, y el propio mercado fue considerado un modelo perfecto de autoregulación. (Mattei, 2013b: 25) Ostrom, en su obra *El Gobierno de los Bienes Comunes*, 1990, rebatió a Hardin, demostrando la viabilidad de una gestión eficiente de una propiedad común por asociaciones de usuarios, (Nobel Price Press Release, 2009) aunque no alertó de que son los Estados y las empresas, los que tienden a generar, de hecho, con su ánimo depredador, la tragedia anticipada por Hardin. (Mattei, 2011: 4)

Tras su olvido, los últimos años han visto la reaparición en la escena política de los bienes comunes como herramientas de autogestión y participación ciudadana, llenando el espacio abandonado por lo público. Y esta forma de reacción, consecuencia de la actual definición de los comunes, mucho más amplia que la del S. XVI, como ya se ha indicado, y que comprende elementos socioculturales, económicos, y ambientales.

En el mundo occidental, movimientos sociales tales como el M15 en España[9], *Occupy Wall Street*, en Nueva York[10], YoSoy132, en Mexico[11], o *Nuit Debout,* en Francia[12], surgieron como reacción a la crisis institucional derivada de la económica que la precedió, al dominio de las entidades privadas y financieras, y al deterioro general de las instituciones democráticas. Este mismo ejemplo de protesta ciudadana contra el poder establecido se produjo durante la primavera árabe[13].

En el caso del movimiento italiano "beni comuni", la revuelta "contra el orden neoliberal autoritario" (Mattei, 2013a: 366) utilizó los comunes como parte de una estrategia política, que incluía un instrumento constitucional, el referéndum, para evitar la privatización del agua (Mattei, 2013a):; instituciones de derecho privado, como el caso de la fundación para gestionar un teatro en defensa de la "cultura como bien común (Mattei, 2013a: 373), u otros más radicales, como fue el caso de la declaración de independencia de un territorio concreto como "República libre" para proteger la naturaleza como bien común. (Mattei, 2013a: 373),

9 http://www.movimiento15m.org/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

10 http://occupywallst.org/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

11 https://sosyosoy132.wordpress.com/about/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

12 https://www.nytimes.com/2016/04/14/opinion/in-paris-a-protest-movement-awakens.html (Acceso 27 de mayo de 2019).

13 https://www.amnesty.org/en/latest/campaigns/2016/01/arab-spring-five-years-on/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

En esta misma línea, la economía del bien común propone un sistema alternativo tanto al capitalismo como al comunismo, a partir de una visión holística global basada en la democracia, que otorga derechos soberanos a los ciudadanos (Felber y Hagelberg, 2017). Este modelo ha servido además de inspiración al proyecto liderado por la Vicepresidencia Jurídica del Banco Mundial sobre "modelos de negocios centrados en las personas"[14], cuyo objetivo es contribuir a que las empresas desarrollen modelos de negocios "sostenibles, respetuosos de los derechos humanos, el medio ambiente y las comunidades locales en las que se inserta" (Ponce, 2017)

La preservación de los bienes comunes tradicionales, como la atmósfera, también ha inspirado a las asociaciones civiles, como la representada por la fundación Urgenda[15], poniendo en valor el poder de la ciudadanía frente a la inacción del gobierno, en este caso en la lucha contra el cambio climático.

Esta misma idea se enlaza con otras iniciativas basadas en las tradiciones ancestrales andinas que personifican la naturaleza como *Pachamama* o *Madre Tierra*, y con los más recientes reconocimientos de ésta como sujeto de derechos en la Constitución de Ecuador de 2008, en la Ley de Derechos de la Madre Tierra N°71 de 2010 de Bolivia (Berros, 2015, 82-93), o en la Sentencia de la Corte Constitucional de Colombia T-622, de 2016, sobre el río Atrato[16], abriendo nuevos caminos jurídicos para proteger este bien común de forma más eficaz.

En definitiva, los comunes son hoy, tanto bienes sujetos a una específica protección en términos de sostenibilidad -en tanto que recursos naturales en peligro de extinción- como instrumento de reacción de la sociedad frente a la actividad predatoria del sistema de consumo imperante, para ayudar a "asegurar el disfrute de los derechos fundamentales de todas las personas, la participación ciudadana y el enriquecimiento cultural, moral e intelectual de todos los seres humanos". (European Water Movement. FAMA 2018).

LA REGULACIÓN DE LOS COMUNES EN EUROPA

El marco general de los comunes en Europa:

No existe una regulación europea de los bienes comunes. Se trata, por tanto, de un asunto regulado a escala nacional, aunque en todos los casos, bajo la influencia de las teorías de Hardin y Ostrom, provenientes del otro lado del Atlántico. Es por ello que los comunes han estado tradicionalmente asociados -y sin desearlo Hardin, pese a las interpretaciones de su trabajo sobre los comunes- a la regulación de la institución de la propiedad privada, y en concreto, en los países de derecho continental, a la forma de adquirir, transferir o perder el derecho de propiedad sobre el bien en concreto.

De esta forma, su planteamiento derivó en que el libre mercado y la propiedad privada (Ostrom, posteriormente, añadió la propuesta de propiedad grupal) resuelven la tragedia de los comunes y sirven para alcanzar el bienestar social, económico y ambiental.

14 LJD. A Holistic Approach for a New Model of Doing Business. Executive Summary. http://globalforumljd.com/new/communities-of-practice/human-centered-business-model (Acceso 27 de mayo de 2019).

15 https://www.urgenda.nl/en/themas/climate-case/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

16 Sentencia T-622, de 10 de noviembre de 2016. Puede consultarse en: http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/T-622-16.htm (Acceso 27 de mayo de 2019),

La clave de la realidad actual está en la transformación de la lógica del sistema de propiedad privada de forma tal que tenga en cuenta otros elementos, como la capacidad de contribución del bien (del bien común, independientemente de su naturaleza) al desarrollo sostenible de la comunidad. Sin embargo, no sólo los comunes no son propiedad de nadie -más bien, son lo opuesto a la propiedad (Rodota, 2011)-, sino que ahora, con la conceptualización de los nuevos comunes, éstos comprenden elementos abstractos que no son bienes *stricto sensu* (Simonati, 2018), como el conocimiento o la cultura, y que, por tanto, no pueden ser objeto de división, de transmisión (Bodanski, 2011: 52) o de apropiación o, en definitiva, ser privatizables (Mattei, 2013b).

Del marco general a la planificación de las ciudades

La Unión Europea ha comenzado ya a pensar en las oportunidades que los bienes comunes podrían ofrecer para revitalizar el "proyecto Europeo", que, por muchas razones y diversas causas, se encuentra actualmente en crisis (Habermas, 2012) Aunque no representen la única vía está siendo explorada al respecto, especial atención se está prestando al aspecto del "intercambio de conocimiento" (Bloemen y Hammerstein, 2015: 19) como herramienta para avanzar en el acceso a la información, y, con ello, la mejora en las instituciones, la definición y puesta en marcha de políticas, y los procesos democráticos, particularmente en las ciudades.

Algunas iniciativas ya están en marcha, en su mayoría en materia de gestión de la información, pero existen otras asimismo importantes, relativas al medio ambiente, la tecnología verde, la salud, la ciencia, la cultura, etc. (Bloemen y Hammerstein, 2015: 20) En este sentido, ejemplos de acciones concretas de protección de los bienes comunes, incluyen la remunicipalización de los servicios de agua potable en París y Nápoles, o la solución para la gestión de forma colectiva de los teatros en Italia. (European Water Movement. FAMA 2018)

En el año 2011, el Ayuntamiento de Nápoles junto con el Instituto para Estudios de Economía Política y Derecho del *International University College*, el Instituto Internacional para la Investigación y el Estudio de los Bienes Comunes *(Institute International D'etudes et recherches sur les biens communs)* y la ONG *European Alternatives,* pusieron en marcha, al amparo del Reglamento No. 211/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, la Iniciativa Ciudadana Europea sobre la Carta Europea de los Comunes, con el fin de otorgar protección jurídica a los comunes, dentro de la Unión Europea. Aunque el borrador de la carta no da una definición precisa y cerrada sobre lo que entiende por bienes comunes, sí que hace una enumeración de algunos ejemplos, indicado que todos ellos son "bienes o servicios colectivos a los que es necesario poder acceder para garantizar el desarrollo de las necesidades fundamentales de la gente"[17].

La colaboración del Laboratorio para la Subsidiariedad (LABSUS) y el ayuntamiento de Bolonia (Italia) que comenzó en 1997, tuvo un importante impulso tras la reforma de la Constitución italiana de 2001 mediante la que se reconoció el principio de subsidiariedad horizontal y la acción de la ciudadanía (art. 118)[18],

17 European Charter of the Commons (versión creada en el IUC el 2 y 3 de diciembre): http://arhiv.zofijini.net/zofijini.org/skupnost%20eu%20Rim.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

18 El artículo 118 CI establece expresamente que el gobierno local debe "promover las iniciativas autónomas de

y que dio como resultado el *Reglamento sobre la colaboración entre ciudadanos y Administración para el cuidado y regeneración de los bienes comunes urbanos*[19]. A partir de ese momento, otras 183 ciudades italianas han adoptado esta misma norma, sobre la base del modelo elaborado para la ciudad de Bolonia[20].

Los ciudadanos se consolidan así como protagonistas en el tratamiento y gestión directa de los bienes comunes, colaborando con la Administración pública en la realización del interés general, garantizado en la Constitución italiana en el art.41. Las acciones de colaboración se formalizan a través de actos administrativos de naturaleza no autoritaria, al amparo de los artículos 118, 114, subpárrafo 2, y artículos 117, subpárrafo 6, de la Constitución italiana[21], y sin generar ninguna alteración sobre la actividad de prestación de los beneficios económicos y de apoyo instrumental a las asociaciones, según lo establecido en la legislación italiana[22].

En Madrid se han desarrollado diversas iniciativas de gestión ciudadana en espacios vecinales, escuelas, centros sociales, etc., y de autogestión autónoma de espacios públicos como plazas, calles o edificios[23]; en Barcelona, el ayuntamiento ha apostado por el desarrollo de los bienes comunes urbanos mediante el reconocimiento y protección del patrimonio de la ciudad al servicio de la acción comunitaria y de nuevas formas de gobernanza basadas en la autonomía y la sostenibilidad[24]; o en Zaragoza, ciudad en la que el proyecto "estonoesunsolar" transformó espacios abandonados en zonas públicas para el disfrute de los ciudadanos[25]. También en el Reino Unido, los Activos de Valor Comunitario (*Assets of Community Value*)[26] se crearon mediante un instrumento normativo dirigido a los municipios de 2011 y aplicados mediante Regulación de 2012[27]; y fuera de Europa, en Nueva York, a través de la iniciativa *Solidarity NYC,* un grupo de ciudadanos se organizó para apoyar la economía de la solidaridad para garantizar el bienestar de la comunidad[28].

---

los ciudadanos, individualmente y en combinación, para la realización de actividades de interés general". Ver Silli, F. http://www.prototyping.es/procomun/cuidado-de-los-comunes-reglamento-de-bolonia-un-comentario (Acceso 27 de mayo de 2019).

19 El Reglamento puede consultarse, en versión en español, en: http://www.prototyping.es/wp-content/uploads/2015/12/Reglamento-bienes-comunes-urbanos-Bolonia.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

20 Para ver el listado completo de ciudades, véase Labus. Laboratorio per la sussidiarietà: http://www.labsus.org/i-regolamenti-per-lamministrazione-condivisa-dei-beni-comuni/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

21 Artículo 1.1 y 1.3 RBU.

22 Artículo 1.4 RBU.

23 Decide Madrid. Bienes Comunes y Gestión Ciudadana de Espacios en Madrid. https://decide.madrid.es/presupuestos/presupuestos-participativos-2017/proyecto/3308 (Acceso 27 de mayo de 2019).

24 Comuns Urbans Patrimoni Ciutadà. Marc Conceptual i Propostes de Línies d'Acció. Febrer 2017. http://lahidra.net/wp-content/uploads/2017/07/Patrimoni-Ciutada-Marc-Conceptual-v.3.01.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

25 Para mayor información, véase https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349303/esto-no-es-un-solar-reconvirtiendo-parcelas-vacias-en-espacio-publico-parte-ii (Febrero 2019).

26 En Inglaterra, los ACV se refieren a tierras o propiedades de importancia para una comunidad local y que, por ello, están sujetas a especial protección, según lo establecido por el *Localism Act 2011*. Los ACV son seleccionadas por organizaciones locales e incluidas en el registro de la comunidad. http://www.bathnes.gov.uk/services/neighbourhoods-and-community-safety/localism-and-community-planning/new-community-rights/as (Acceso 27 de mayo de 2019).

27 UK Government. The Assests of Community Value (England) Regulations 2012. http://www.legislation.gov.uk/uksi/2012/2421/contents/made (Acceso 27 de mayo de 2019

28 Solidarity NYC: http://solidaritynyc.org/#about (Acceso 27 de mayo de 2019).

Todas estas iniciativas responden a modelos de auto-organización basados en los valores de justicia, democracia y cooperación, surgidas en ciudades de todo el mundo tras la gran crisis económica y financiera del año 2008 y de la consecuente pérdida del valor de lo público[29]. Los valores revividos por estos grupos de ciudadanos organizados informalmente para gestionar los bienes comunes en las ciudades están en perfecta consonancia con los objetivos de sostenibilidad marcados en Europa desde la Estrategia Territorial Europea (1999), pasando por la Carta Europea de Leipzig de Ciudades Sostenibles (2007), la Declaración de Toledo (2010), la Agenda 2030 (2015), y la Nueva Agenda Urbana del programa Habitat III, (2016).

LOS BIENES COMUNES COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LA AGENDA 2030, PARA LOGRAR CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

Las ciudades sostenibles en la Agenda 2030

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), acordados el 25 de septiembre de 2015[30] señalan 17 metas a alcanzar por todos los países y personas del planeta. Tienen amplio alcance, están interrelacionados, se basan en la colaboración y el pragmatismo, y están en conexión con el desarrollo sostenible, incluyendo el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente. Entre dichos objetivos está el de "lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles" (SDG 11), lo que supone, en pocas palabras, la garantía del acceso a la vivienda, a los servicios básicos de todas las personas, y a los sistemas de transporte público; la protección del patrimonio natural y cultural; la reducción de muertes por desastres naturales, especialmente los derivados del cambio climático; la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos; y la puesta en marcha de políticas territoriales, de cohesión y financieras, para lograr todo lo anterior.[31]

Los principales retos de las ciudades del S. XXI

Así las cosas, los principales retos a que se enfrentan las ciudades del siglo XXI para poder lograr la Agenda 2030, pueden resumirse, de manera general, en los siguientes puntos:

- *Modelo económico y de consumo insostenibles:* En el mundo actual el sistema económico se basa en el crecimiento constante de la producción y el consumo. Este sistema, aunque ha traído desarrollo y bienestar a muchas sociedades (principalmente en el mundo occidental), resulta insostenible puesto que el ritmo de consumo supera la capacidad de la Tierra. En efecto, se ha estimado que para poder continuar con el ritmo de crecimiento actual (que, lejos de continuar,

29 Decide Madrid. Bienes Comunes y Gestión Ciudadana de Espacios en Madrid. https://decide.madrid.es/presupuestos/presupuestos-participativos-2017/proyecto/3308 (Acceso 27 de mayo de 2019).

30 http://www.un.org/sustainabledevelopment/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

31 http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/ Acceso 27 de mayo de 2019).

está en realidad aumentando), el hombre necesitaría 2 planetas para satisfacer sus necesidades en el año 2030.[32] Además del consumo insostenible de recursos naturales y de energía se añade el aumento de los residuos que producimos, llegando a los 6 millones de toneladas al día en el año 2025 y a los 11 millones de toneladas al día en el 2100.[33] Todo ello será especialmente grave en las ciudades, donde se concentra la actividad económica del ser humano.

- *Contaminación,* efecto de "bolsa de calor" (*heat island effect*)*, y cambio climático*: Sin perjuicio de la controversia acerca de sus concretas causas, el cambio climático constituye uno de los problemas centrales del S.XXI y, en este sentido, son numerosos los estudios que, desde diversos campos científicos y con perspectiva medioambiental, acreditan la gravedad de sus efectos, que resultan especialmente intensos en las ciudades. Además, las ciudades son, ellas mismas, factores de aceleración del calentamiento global de la tierra y de los problemas derivados del mismo que son generados, a su vez, por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). La ciencia indica con claridad -véase el informe especial del IPCC de 2018- que el futuro de cientos de millones de personas se verá afectado por los impactos provocados por la rápida urbanización y agravado por los efectos del cambio climático, si bien, la mayoría de las ciudades carecen de la capacidad necesaria para responder frente a los mismos de forma eficaz. Particularmente grave es la situación de las ciudades de los países más pobres que son, por ello, también los más vulnerables, por su situación geográfica, por la falta de una planificación adecuada y por la carencia de recursos económicos y políticos para acometer su necesaria transformación. La magnitud de los efectos de las alteraciones de las ciudades dependerá de la forma de asentamientos, las características geográficas y de la naturaleza de la economía local. A pesar de ello, es ya incuestionable que todas las ciudades del mundo serán vulnerables a las inevitables consecuencias del cambio climático. El cambio climático es, por tanto, una realidad, y la gravedad de sus peligrosos efectos, ya inevitables en gran medida, depende de la acción colectiva (en todos los niveles –internacional, regional, nacional, local) tanto de mitigación como de adaptación a sus efectos.

- *Sobrepoblación y concentración en zonas urbanas*: En un mundo cada vez más habitado[34] y cuya población se concentra cada vez más en zonas urbanas, el objetivo de sostenibilidad se convierte en un difícil reto, mucho más para las que se sitúan en países menos desarrollados. Según las NN.UU., la población mundial alcanzará los 9.700 millones de habitantes en el año 2050, y casi el 70% de ésta vivirá en ciudades[35], mayoritariamente en países en vías de desarrollo (Livi, 2017). Además,

32 http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

33 https://www.washingtonpost.com/national/health-science/trashing-the-earth-well-soon-make-11-million-tons-of-solid-waste-a-day/2013/11/18/fc243210-4626-11e3-bf0c-cebf37c6f484_story.html (Acceso 27 de mayo de 2019).

34 http://www.un.org/en/development/desa/news/population/2015-report.html Acceso 27 de mayo de 2019

35 Globalmente, hay más gente viviendo en zonas urbanas en rurales. En el 2014, el 54% de la población mundial vivía en ciudades y en 2050 ser prevé que esta cifra alcance el 66%. https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf p. 1, (Acceso 27 de mayo de 2019).

como se ha indicado, el problema se agravará como consecuencia de los efectos derivados del cambio climático, provocando mayor y más continua inmigración desde las zonas rurales y más afectadas por los efectos climáticos y derivados de éstos, así como transformaciones radicales del territorio, especialmente en las zonas costeras. (Pilkey, Pilkey-Jarvis y Pilkey, 2016)

- *Pérdida del espacio y sentido de lo público:* El fenómeno de la globalización ha supuesto una mayor comunicación e interdependencia entre países, generando una dimensión mundial de sus mercados, sociedades y culturas. Sin embargo, a pesar de su globalidad, el mundo actual es cada día más individualista. En efecto, nos encontramos en un momento de la Historia en el que las funciones públicas tradicionales están siendo asumidas por instituciones de naturaleza bien global, bien privada, provocando así en aquéllas, la pérdida de su rol tradicional y de su sentido de responsabilidad públicos. De esta forma, parece que la gobernanza actual está integrada por una estructura local-global (internacional) compleja en la que el neoliberalismo ha favorecido las disparidades sociales y ha transferido el control de la economía desde el sector público al privado, sustituyendo la Ley por el mercado. Esto resulta especialmente relevante en las ciudades, donde se genera la mayoría de la actividad económica. En necesario, por tanto, rescatar el rol público en la gobernanza urbana para garantizar el desarrollo de políticas públicas dirigidas al fomento de ciudades inclusivas, haciendo de ellas lugares socialmente justos y medioambientalmente sostenibles.

- *Aumento (y perpetuación de la brecha) de la desigualdad:* La desigualdad en el mundo es cada vez mayor, alcanzando cotas insoportables que no pueden ni deben sostenerse desde el punto de vista de la justica social. Especialmente evidente se muestra en las ciudades, donde los barrios deprimidos o los *slums* conviven con lujosos bloques de apartamentos. En otras zonas, la desigualdad se hace menos evidente para algunos, que viven aislados -a través del fenómeno de privatización urbana (Bellet, 2007)- en las denominadas *gated communities* o comunidades cerradas[36]. Los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas acordaron en el 2015 la Agenda 2030, y con ella, entre otros objetivos, erradicar la pobreza extrema (ODS 1) y reducir las desigualdades (ODS 10). Esta desigualdad debilita el crecimiento económico y la cohesión social, siendo la población más vulnerable (en términos económicos y de género) la que peor parte se lleva. Pero la desigualdad puede corregirse a través de políticas que logren una distribución más junta y sostenible de la riqueza mundial.

36 Un listado de las "comunidades cerradas" más exclusivas de EE.UU. puede verse en: https://www.forbes.com/sites/tanyamohn/2012/07/03/americas-most-exclusive-gated-communities/#6dab3ca56fe0 (Acceso 27 de mayo de 2019).

EL DERECHO A LA CIUDAD

Concepto

El *derecho a la ciudad* fue definido por primera vez por Henri Lefebvre en 1968 (Lefevbre, 2017) como reacción frente al dominio del sistema capitalista de las ciudades y de la vida en ellas de sus ciudadanos. En este sentido, Lefebvre propone que los ciudadanos vuelvan a ser dueños de sus ciudades, (Lefevbre, 2017) buscando la buena vida y la solidaridad en un espacio definido a través de la expresión de la voluntad colectiva.

Esta idea fue retomada en el año 2004 en la Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad (Revista Paz y Conflictos, 2012) del Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat). Según el artículo 1 de la Carta, el derecho a la ciudad se define como "un derecho colectivo de los habitantes de las ciudades, en especial de los grupos vulnerables y desfavorecidos, que les confiere legitimidad de acción y de organización, basado en sus usos y costumbres, con el objetivo de alcanzar el pleno ejercicio del derecho a la libre autodeterminación y un nivel de vida adecuado" sobre la base de "los principios de sustentabilidad, democracia, equidad y justicia social." (art. 1.2). En este sentido, la Carta entiende por ciudad tanto la urbe, como unidad local de gobierno que incluye el espacio urbano y el rural o semi-rural, pero también como un espacio político compuesto por las instituciones y los actores que la gestionan (art. 1.4).

Elementos del derecho a la Ciudad

Esta compleja definición puede estructurarse en torno a los elementos que componen el derecho a la ciudad recogidos en la Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad, como sigue[37]:

- Un *elemento jurídico* relacionado con los derechos humanos que garantizan el pleno ejercicio de la ciudadanía y el bienestar de las personas (individual y colectivamente);

- Un *elemento institucional* formado por los derechos dirigidos a garantizar la participación ciudadana en los asuntos urbanos, es decir, la gestión democrática de la ciudad;

- Un *elementos socio-ambiental*, compuesto por los elementos necesarios para lograr la sostenibilidad ambiental y la justicia social en las ciudades.

37 Ver: http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/ggloobal/fichas/ficha.php?entidad=Textos&id=356&opcion=documento#s2 (Acceso 27 de mayo de 2019).

EL URBANISMO DEL BIEN COMÚN

Definición y elementos

El actual (y globalizado) sistema capitalista centrado en el mercado se ha mostrado incapaz de garantizar el derecho a la ciudad de manera general, según ya se ha indicado. Particularmente grave es la situación de los colectivos más vulnerables, vivan éstos en ciudades pobres o ricas, que ni participan de las decisiones sobre la ciudad ni tienen acceso a las tecnologías que pueden facilitar su vida y que son parte fundamental de la definición de las ciudades del S.XXI o también llamadas *smart cities*[38].

El derecho a la ciudad, ya difícil de alcanzar para muchos, puede resultar imposible si las ciudades no se preparan para los actuales (y futuros) retos económicos, sociales y ambientales, que ya se han indicado. Por todo ello, es necesario buscar nuevas fórmulas que ayuden a las ciudades (y a sus ciudadanos) a lograr un desarrollo urbano sostenible que, según indica la Agenda 2030, "no deje a nadie atrás"[39]. Tomando como modelo la economía del bien común, es posible imaginar una nueva manera de diseñar y vivir las ciudades, a través de un urbanismo al servicio del bien común, en el que los bienes comunes jueguen un papel esencial para garantizar el derecho a la ciudad, complementando (o sustituyendo, en su caso) las iniciativas basadas en el acceso a la tecnología, allá donde ésta no llegue suficientemente o resulte inalcanzable.

El urbanismo del bien común, puede entenderse como: todas aquellas propuestas de actuación en la ciudad cuya línea central se sitúe en la búsqueda del bien común para lograr ciudades sostenibles y justas, y en las que los procesos de decisión sobre las políticas urbanas se adopten de manera abierta y transparente, con participación de los ciudadanos. El urbanismo al servicio del bien común es, de esta forma, un concepto complejo, que incluye tanto elementos de planificación como de gestión de los servicios de la ciudad, siendo los bienes comunes herramientas esenciales para ambos. De manera simplificada y general, los elementos son:

- El **bien común**, como finalidad del recurso a la categoría y la técnica de los bienes comunes en el urbanismo. Aunque el bien común, como el interés general, es un concepto en constante evolución, cuyo contenido se concreta en cada momento histórico y para cada sociedad determinada, éste ha de entenderse como satisfacción del interés de la colectividad (Parejo, 2008). Aunque la Administración pública es la que, con su actividad, debe garantizar el interés general de los ciudadanos, la crisis del sector público ha provocado un despertar en la ciudadanía que reclama una mayor participación en los asuntos públicos también dirigida al logro del bien común.

- Los **actores** del urbanismo al servicio del bien común son, por tanto, los ciudadanos activos (en la terminología del Reglamento de la ciudad de Bolonia), actuando de manera individual, u organizados en asociaciones civiles o a

38 http://www.smartcitiesprojects.com/whats-the-real-mean-of-smart-city/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

39 http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/presscenter/speeches/2018/02/27/-por-qu-la-agenda-2030-es-integral-universal-y-busca-no-dejar-a-nadie-atr-s-0.html (Acceso 27 de mayo de 2019).

través de la colaboración de éstas con organismos públicos o privados. Cada ayuntamiento o comunidad deberá establecer los términos concretos en los que éstos se relacionan, y las fórmulas de legitimación (en su caso) de su actuación sobre los espacios urbanos, fomentando, en todo caso, la simplificación de los procedimientos.

- Los bienes **comunes,** que incluyen bienes naturales, como el aire, los árboles, o el agua; infraestructuras urbanas, como parques, edificios, plazas; y otros inmateriales, como la cultura o la información, comprendiendo también elementos digitales. Los comunes son, al tiempo, soporte y elemento configurador de las políticas urbanas dirigidas hacia el desarrollo sostenible; herramientas capaces de garantizar el derecho a la ciudad de manera colectiva.

- Los **principios** (o reglas de funcionamiento) de subsidiariedad (horizontal), transparencia, participación, confianza mutua, sostenibilidad, proporcionalidad, resiliencia, informalidad, buena gobernanza y responsabilidad, deberán regir los acuerdos de colaboración en la práctica del urbanismo al servicio del bien común.

- Los pactos de colaboración son los **instrumentos** mediante los que los ciudadanos y el ayuntamiento (o comunidad) acuerdan las intervenciones urbanas a través de los bienes comunes, y determinarán el objeto y forma de la actuación, su duración, modo de terminación de la colaboración, responsabilidades de las partes.

- El **procedimiento** en el urbanismo al servicio del bien común debe partir de una organización institucional que garantice los principios anteriormente indicados, en particular, los referidos a la gestión de la colaboración con los ciudadanos. El procedimiento deberá velar porque los bienes comunes estén formen parte de las intervenciones urbanas y quedar reflejado de manera expresa en el acuerdo de colaboración entre las partes. Para garantizar la transparencia y la participación de los ciudadanos, los acuerdos de colaboración deben ser públicos y anotarse en un registro de bienes comunes de carácter asimismo público.

Ejemplos de buenas prácticas del urbanismo del bien común

Las soluciones al urbanismo surgidas en respuesta a los retos sociales y ambientales del S.XXI suelen estar asociadas a las propuestas de las *smart cities*, que utilizan la tecnología y la innovación para mejorar la calidad de vida de la gente. Se trata de iniciativas interesantes, pero que corren el peligro de estar generadas desde (y dirigidas a) un sector determinado de la población, olvidando una vez más, a los más

vulnerables, que son de nuevo expulsados o "dejados atrás" en el diseño urbanístico del futuro. No se trata de obviar o desechar los avances que la tecnología puede traer, sino aprovecharlos como parte de un urbanismo dirigido a lograr el bien común.

El urbanismo al servicio del bien común puede combinar la tecnología y la innovación con la garantía del acceso y la participación de todos, y con el uso y gestión sostenible de los bienes comunes, evitando que el progreso en términos de sostenibilidad quede condicionado por el económico.

Son muchos y diversos los ejemplos que muestran que esta dinámica es posible. En este sentido, se describen a continuación algunas de esas iniciativas que han ofrecido soluciones a los retos principales de las ciudades, muchas veces gracias a iniciativa ciudadana, centrados en los comunes:

- *Frente al problema de la sobrepoblación y escasez de recursos (económicos) y espacios urbanos de uso público*, utilización de los espacios urbanos comunes de forma multifuncional con base en una economía colaborativa. Ejemplos de este tipo de iniciativas son las actuaciones sobre las Plazas del MACBA o la *dels Angels,* ambas en Barcelona, en las que el espacio público se transforma para alojar mercadillos, teatros, ferias, o actividades de deporte[40]. Otro ejemplo es el de los nuevos usos en casas/edificios abandonados. Una ONG de Japón, *Little Ones*[41] (con sede en Tokyo) ha sido galardonada con el *World Habitat Award* de 2018[42] por transformar casas abandonadas en hogares para madres solteras. Este proyecto ha sido posible gracias a la aprobación de una Ley de 2015 de promoción para otros usos de casas abandonas, y por la posterior ayuda económica del gobierno. Asimismo, el crecimiento de las ciudades y el aumento de la construcción de apartamentos, oficinas, puentes, túneles, etc. ha dado lugar a la aparición de gran cantidad de los denominados "espacios muertos", al tiempo que, el encarecimiento de los precios del suelo, elimina los espacios de uso público. En Hong Kong, donde el suelo es un bien muy escaso y caro, los espacios vacíos creados por las tuberías de agua de cemento han permitido crear micro casas que se apilan unas con otras bajo los pasos elevados[43]. En Bombay, un paso elevado se ha transformado en un cine[44];

- *Frente al despilfarro energético,* eficiencia en la utilización de los recursos (agua, energía, recursos naturales, entre ellos también el espacio –suelo-): eficiencia energética, redistribución de energía sobrante, combinación de fuentes de generación de energía: microgrids/paneles en tejados de edificios públicos; uso de electricidad más eficiente y menos contaminante (e.g. semáforos): semáforos e

40 https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-308620/nuevo-contexto-urbano-espacios-publicos-flexibles-10-principios-basicos (Acceso 27 de mayo de 2019).

41 https://www.npolittleones.com/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

42 https://www.world-habitat.org/world-habitat-awards/winners-and-finalists/affordable-safe-housing-single-mothers/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

43 https://www.dezeen.com/2018/01/16/opod-james-law-cybertecture-hong-kong-micro-apartments-concrete-pipes-low-cost-housing-crisis/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

44 http://www.thisisplace.org/i/?id=b202dad9-69e4-4e0c-95bf-2fea285593eb (Acceso 27 de mayo de 2019).

iluminación urbana inteligentes; colocación de sensores urbanos; bombillas LED mejora en la gestión del agua (sistemas de recogida de agua de lluvia); utilización multifuncional de los espacios; gestión eficiente de residuos; información sobre el consumo (*behavior change*). Las actuaciones urbanas utilizando topografías vegetales para crear tanto espacios de disfrute colectivo en plazas, jardines, etc., que combinan funciones de retención de exceso de agua de lluvia, subida del nivel del mar (o ríos), con mejora del confort térmico, son las más extendidas. Ejemplo de lo que la iniciativa pública puede conseguir lo muestra el programa ABC (*Active, Beautiful and Clean*)[45] de Singapur, que utiliza las infraestructuras verdes para hacer una ciudad más resiliente frente al cambio climático, y accesible para los ciudadanos;

- *Frente a la contaminación del aire y problemas asociados,* como el de la "isla de calor urbana" (*heat island effect*), o los impactos provocados por el cambio climático, soluciones de diseño: sensores de calidad del aire de bajo coste (e.g. Naoribi)[46]; aumento de zonas verdes (iniciativa "adopta un árbol", de Toronto o Nueva York[47]); infraestructuras verdes de mitigación y adaptación al cambio climático (*green infrastructures*);

- *Frente al abuso del transporte privado*: planificación de urbes más amables con protagonismo de la bici; bicicletas tecnológicas que dan información sobre su uso; sistemas de transporte colaborativo: coche eléctrico sin conductor; utilización del transporte para conectar zonas aisladas de las ciudades con los centros de actividad. Ejemplos son los teleféricos de Río de Janeiro (Brasil)[48] y de Medellín (Colombia)[49], o la estrategia de transporte de la ciudad de Aberdeen (Escocia), con participación ciudadana en la estrategia de desarrollo urbano[50]. El proyecto "10 km" de Bangkok ha ganado el premio del *World Architecture Festival* en noviembre de 2017, por crear espacios verdes conectados por un carril bici bajo las autopistas de la ciudad[51];

- *Frente al sobreconsumo de bienes:* campañas de sensibilización y educación; reducción del uso de recursos con economía colaborativa: hay muchos elementos/ infraestructuras que pueden utilizarse más y mejor si se comparten (e.g. vehículos, edificios- bienes comunes); proyectos de agricultura urbana: evitar

45 https://www.pub.gov.sg/abcwaters/pages/homepage.aspx (Acceso 27 de mayo de 2019).

46 http://senseable.mit.edu/cleanair-nairobi/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

47 https://www.yourleaf.org/adopt-park-tree (Toronto) Acceso 27 de mayo de 2019 y http://newyork.thecityatlas.org/lifestyle/adopt-a-tree-today/ (Nueva York). Acceso 27 de mayo de 2019

48 https://www.wired.com/2011/02/st_riogondola/ (acceso 27 de mayo de 2019).

49 https://wearethecityheroes.wordpress.com/2013/01/31/estrategias-urbanas-medellin/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

50 http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20130812123945_COBRA.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

51 https://www.bangkokpost.com/news/general/1610282/expressway-hideaways-a-chance-for-urban-renewal (Acceso 27 de mayo de 2019).

el despilfarro de alimentos; traslado de las explotaciones agrícolas a la ciudad (integración campo/ciudad), como el caso de la granja flotante de Nueva York[52]; huertos urbanos y otras iniciativas: vuelta al origen del ser humano (sentido filosófico).[53] Ejemplos de agricultura comunitaria combinada con la promoción de los espacios verdes, centrados en la iniciativa ciudadana[54], existen por todo el mundo. La ciudad de Nueva York es claramente una de ellas, con el desarrollo de los jardines comunitarios, o Berlín en Europa, entre muchas otras[55].

CONCLUSIÓN

El neoliberalismo ha conquistado el espacio de lo público en las ciudades a escala global, poniéndolo en manos del mercado. Los ciudadanos han quedado así expulsados de los procesos de decisión sobre aquellos asuntos que, sin embargo, condicionan su forma de vida y bienestar en las ciudades. Esta situación ha generado enormes desigualdades e injusticias que resultan difícilmente justificables. La toma de conciencia de esta situación ha generado una reacción social frente al poder económico incapaz de ofrecer soluciones a esos problemas de desigualdad y justicia social, y a los que más recientemente se han sumado importantes los retos ambientales que no sólo añaden nuevos problemas, sino que multiplican los ya existentes.

Las propuestas de recuperación del papel de la sociedad en los asuntos tradicionalmente públicos han centrado su estrategia, en gran medida, en los comunes, por su demostrado potencial para generar bienestar social a través de propuestas de colaboración ciudadana en su gestión. Su idoneidad para favorecer la colaboración ciudadana en beneficio de todos, su presencia y disponibilidad en todas las ciudades y su ductilidad para servir a varios propósitos, todos ellos de interés general, y su incapacidad para la discriminación (su tolerancia), los convierte en herramientas ideales para ayudar a lograr la sostenibilidad de las ciudades según los términos acordados en la Agenda 2030, particularmente para aquellos, los ciudadanos más vulnerables, los excluidos del sistema, que no disponen de otros medios para participar y beneficiarse de las propuestas de sostenibilidad.

Los bienes comunes son, en las ciudades, poderosos instrumentos de justicia social, de participación en los asuntos públicos y de buena gobernanza, que devuelven la ciudad al ciudadano sirviendo, en definitiva, al urbanismo al servicio del bien común.

FUENTES DE CONSULTA

Añaños Meza, M.C. (2014) "La idea de los bienes comunes en el sistema internacional: ¿renacimiento o extinción?" Anuario Mexicano de Derecho Internacional, Vol 14,

52 https://www.swaleny.org/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

53 Ejemplos: http://www.swaleny.org/ y http://www.brooklyngrangefarm.com/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

54 https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2017/09/Citizen-participation-PB-final.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

55 https://www.grownyc.org/gardens/our-community-gardens (Acceso 27 de mayo de 2019).

Pags. 153-195

Beck, Ulrich. (2018) *What is globalization?*. John Wiley & Sons,

Bellet, Carme. (*2007)* "Los espacios residenciales de tipo privativo y la construcción de la nueva ciudad: visiones de privatopía." *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales, , vol. 11, núm. 245 (8), p. 1-20*.

Berros, M.V. (2015) "Ética animal en diálogo con recientes reformas en la legislación de países latinoamericanos", Revista de Bioética y Derecho, núm. 33, enero 2015, p. 82-93

Bloemen, Sophie & Hammerstein, David, (2015) "The EU and the Commons: A Commons Approach to European Knowledge Policy", The Green Political Foundation, Commons Network, Berlin/Brussels, July 2015, p. 15

Bodanski, D. (2011) *The Art and Craft of International Environmental Law,* Harvard University Press, p.52

Bollier, David, and Silke Helfrich (Eds.), *The wealth of the commons: A world beyond market and state*. Levellers Press, 2014

Borja. J. (2012) "Espacio Público y Derecho a la Ciudad". Barcelona https://debatstreballsocial.files.wordpress.com/2013/03/espacio_publico_derecho_ciudad_jordiborja.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

Borrás, S. (2017) "Movimientos para la justicia climática global: replanteando el escenario internacional del cambio climático" Relaciones Internacionales nº 33, Octubre 2016-Enero 2017, pp. 97-119.

Bortolotti, Bernardo & Milella, Valentina, (2006) "Privatization in Western Europe. Stylized Facts, Outcomes, and Open Issues", Nota di Lavoro 124.2006, October 2006. Available at: http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL2006/NDL2006-124.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

Bradley, Harriett. (1918) *The enclosures in England: An economic reconstruction*. Vol. 80, no. 2. New York: Columbia university,

Carrasco García, C. (2001) "Res Communes Omnium: ¿Categoría Jurídica del Derecho Romano con Vigencia en la Actualidad?" Revista interdisciplinar de gestión ambiental, ISSN 1575-1317, Año 3, Nº. 35, pp.19-36

Dig. 1.8.2.1, Marcianus 3 inst. *"Et quidem naturali iure omnium communia sunt illa: aer, aqua profluens, et mare, et per hoc litora maris."* Digesto: Liber Primus: Available at: http://www.thelatinlibrary.com/justinian/digest1.shtml (Acceso 27 de mayo de 2019).

European Water Movement. FAMA (2018) Fórum Alternativo Mundial Da Água. Manifiesto por los bienes comunes en la Unión Europea. http://europeanwater.org/es/noticias/noticias-desde-el-terreno/396-manifiesto-por-los-bienes-comunes-en-la-union-europea (Acceso 27 de mayo de 2019).

Felber, C., Christian & Hagelberg, G. (2017) "The Economy for Common Good. A Workable, Transformative, Ethics-Based Alternative. The next system project". Puede consultarse en: https://thenextsystem.org/sites/default/files/2017-08/FelberHagelberg.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

Habermas, Jürgen. (2012) "The Crisis of the European Union in the Light of a Constitutionalization of International Law." *European Journal of International Law* 23.2 pp. 335-348

Han Byung-Chul (2018) "The expulsion of the other. Society, Perception and Communication Today", Polity Press,.

Hardin, Garrett, (1968) "The Tragedy of the Commons", Science, New Series, Vol. 162, Nº 3859 (Dec 13, 1968), p. 1245

IPCC, (2018) Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp. Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf

Laval, C. y Dardot, P. (2015) *Común: Ensayo sobre la Revolución en el S.XXI*, Gedisa

Lefevbre, H. (2017) *Le Droit à la ville*, Paris: Anthropos (2nd ed.) Paris, 1968: Ed. du Seuil, Collection *Points.* Versión en español: Lefevbre, H. *El Derecho a la Cuidad.* Capitán Swing Libros, Madrid,

Livi Bacci, M. (2017) *Our Shrinking Planet*, Polity.

Mattei, Ugo, (2011) "The State, the Market and some Preliminary Questions about the Commons", (French and English versions), University of California, Hating College of Law. From selected Works of Ugo Mattei, March 18, p. 2

Mattei, Ugo. (2013a) "The Commons Movement in Italy." *South Atlantic Quarterly*, , pp. 367-368.

Mattei, Ugo, (2013b) "Bienes Comunes. Un Manifiesto", Traslated by Gerardo Pisarello, Editorial Trotta, (Original title: Beni Comuni. Un manifesto).

Nobel Price Press Release, (2009)N October 12,: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2009/press.html (Acceso 27 de mayo de 2019).

Parejo Alfonso, L. (2008): "Servicios públicos y servicios de interés general. La renovada actualidad de los primeros." *Revista de derecho de la Unión Europea* 1.7: 51-68.

Pilkey, Orrin H.; Pilkey-Jarvis, Linda; Pilkey, Keith C.(2016) *Retreat from a rising sea: Hard choices in an age of climate change*. Columbia University Press.

Ponce Solé, J. (2017) "La Economía del Bien Común, los Bienes Comunes y las Personas: Por la Generación de Sinergias entre LABSUS y Transjus. http://www.labsus.org/2017/07/la-economia-del-bien-comun-los-bienes-comunes-y-las-personas-por-la-generacion-de-sinergias-entre-labsus-y-transjus/ (Acceso 27 de mayo de 2019).

Reglamento (UE) nº 211/2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de febrero de 2011 (DO L 65 de 11.3.2011), accesible en https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R0211-20150728&from=ES (Acceso 27 de mayo de 2019).

Revista Paz y Conflictos, número 5, año 2012. La Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad: https://www.ugr.es/~revpaz/documentacion/rpc_n5_2012_doc1.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019)

Rodotà, S. (2011) La democrazia dei beni comuni. *Prefacio en Bersani, M, Come abbiamo vinto il referendum. Dalla battaglia per l'acqua pubblica alla democrazia dei beni comuni, Edizioni Allegri, Roma*.

Simonati, A. (2018) "The (Draft) European Charter of the Commons- Between Opportunities and Challenges", Central European Public Administration Review, 16(2), pp. 91-108, p. 94 y 95.

Tornos Más, J. (2017) "Bienes Comunes y Administración Compartida", enero 2017, libre acceso en: http://idpbarcelona.net/docs/recerca/bens/admon_compartida.pdf (Acceso 27 de mayo de 2019).

Recursos electrónicos:

http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20130812123945_COBRA.pdf

http://arhiv.zofijini.net/zofijini.org/skupnost%20eu%20Rim.pdf

http://globalforumljd.com/new/communities-of-practice/human-centered-business-model

http://lahidra.net/wp-content/uploads/2017/07/Patrimoni-Ciutada-Marc-Conceptual-v.3.01.pdf

http://newyork.thecityatlas.org/lifestyle/adopt-a-tree-today/

http://occupywallst.org/

http://senseable.mit.edu/cleanair-nairobi/

http://solidaritynyc.org/#about

http://www.bathnes.gov.uk/services/neighbourhoods-and-community-safety/localism-and-community-planning/new-community-rights/as

http://www.brooklyngrangefarm.com/

http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/T-622-16.htm

http://www.eurozine.com/how-the-commons-can-revitalize-europe/

http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/

http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/ggloobal/fichas/ficha.php?entidad=Textos&id=356&opcion=documento#s2

http://www.labsus.org/i-regolamenti-per-lamministrazione-condivisa-dei-beni-comuni/

http://www.legislation.gov.uk/uksi/2012/2421/contents/made

http://www.movimiento15m.org

http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/presscenter/speeches/2018/02/27/-por-qu-la-agenda-2030-es-integral-universal-y-busca-no-dejar-a-nadie-atr-s-0.html

http://www.prototyping.es/procomun/cuidado-de-los-comunes-reglamento-de-bolonia-un-comentario

http://www.prototyping.es/wp-content/uploads/2015/12/Reglamento-bienes-comunes-urbanos-Bolonia.pdf

http://www.smartcitiesprojects.com/whats-the-real-mean-of-smart-city/

http://www.swaleny.org/

http://www.thisisplace.org/i/?id=b202dad9-69e4-4e0c-95bf-2fea285593eb

http://www.un.org/en/development/desa/news/population/2015-report.html

http://www.un.org/sustainabledevelopment/

http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/

https://decide.madrid.es/presupuestos/presupuestos-participativos-2017/proyecto/3308

https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf

https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2017/09/Citizen-participation-PB-final.pdf

https://sosyosoy132.wordpress.com/about/

https://wearethecityheroes.wordpress.com/2013/01/31/estrategias-urbanas-medellin/

https://www.amnesty.org/en/latest/campaigns/2016/01/arab-spring-five-years-on/

https://www.bangkokpost.com/news/general/1610282/expressway-hideaways-a-chance-for-urban-renewal

https://www.dezeen.com/2018/01/16/opod-james-law-cybertecture-hong-kong-micro-apartments-concrete-pipes-low-cost-housing-crisis/

https://www.forbes.com/sites/tanyamohn/2012/07/03/americas-most-exclusive-gated-communities/#6dab3ca56fe0

https://www.grownyc.org/gardens/our-community-gardens

https://www.npolittleones.com/

https://www.nytimes.com/2016/04/14/opinion/in-paris-a-protest-movement-awakens.html

https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-308620/nuevo-contexto-urbano-espacios-publicos-flexibles-10-principios-basicos

https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349303/esto-no-es-un-solar-reconvirtiendo-parcelas-vacias-en-espacio-publico-parte-ii

https://www.pub.gov.sg/abcwaters/pages/homepage.aspx

https://www.swaleny.org/

https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

https://www.urgenda.nl/en/themas/climate-case/

https://www.washingtonpost.com/national/health-science/trashing-the-earth-well-soon-make-11-million-tons-of-solid-waste-a-day/2013/11/18/fc243210-4626-11e3-bf0c-cebf37c6f484_story.html

https://www.wired.com/2011/02/st_riogondola/

https://www.world-habitat.org/world-habitat-awards/winners-and-finalists/affordable-safe-housing-single-mothers/

https://www.yourleaf.org/adopt-park-tree

Capítulo 9
Retos en la salud humana ante el cambio climático

Ana Rosa Moreno Sánchez

RESUMEN

Se presenta un análisis a partir de los hallazgos en salud asociados al cambio climático ante escenarios de 1.5°C - 2°C. Los riesgos principales en salud son enfermedades transmitidas por vector, infecciones por agua y alimentos, eventos extremos, seguridad alimentaria y contaminación atmosférica. Se pronostica se intensifiquen los impactos en salud, siendo los factores socioeconómicos los que determinen la magnitud y el patrón de riesgos. La adaptación puede ser más desafiante para la seguridad alimentaria y los sistemas de salud a 2°C del calentamiento global *vs* 1.5°C. El papel de estos sistemas es esencial para enfrentar los desafíos ante el aumento en la temperatura. Es necesario empoderar al sector salud ante el desafío del cambio climático a través del trabajo intersectorial, apoyo a la investigación para la adaptación y mitigación con co-beneficios de salud y la disponibilidad de recursos económicos, tecnológicos y humanos. Estos co-beneficios alentarían una acción más ambiciosa sobre el cambio climático. Es importante la inversión en diversos temas además de la salud, como educación, redes de seguridad social, políticas de lucha contra la pobreza y seguros para la gestión de riesgos; ya que a través de ello puede lograrse sinergias importantes.

Palabras clave: cambio climático; salud; adaptación; mitigación

ABSTRACT

An analysis is presented from the health findings associated with climate change in scenarios of 1.5°C - 2°C. The main health risks are vector-borne diseases, waterborne and foodborne infections, extreme events, food safety, and air pollution. It is predicted that in decade of the 50s, the impacts in health will be intensified, being the socioeconomic factors that determine the magnitude and the pattern of the risks. Adaptation is expected to be more challenging for food security and health systems at 2°C *vs* 1.5°C. The role of health systems can be crucial to face the challenges related to the increase in temperature of 1.5°C - 2°C. The need to empower the health sector in order to face the challenge of climate change through intersectoral work, support for research for adaptation and mitigation with co-benefits, the availability of highly trained economic, technological and human resources is discussed. These health co-benefits are seen as a solid strategy to encourage more ambitious action on climate change. Investment in various topics not only health, but also education, social safety nets, anti-poverty policies and insurance for risk management, since these actions can

lead to significant synergies.

Key words: climate change; health; adaptation; mitigation

INTRODUCCIÓN

Existen pruebas contundentes de que el clima de la Tierra está cambiando rápidamente, debido sobre todo a las actividades humanas y, junto con ello, los riesgos para la salud relacionados con el cambio climático están aumentando a nivel mundial.

En el periodo 2015-2018 se han presentado las temperaturas más calientes en el planeta desde que existen registros. Dieciocho de los 20 años con mayores temperaturas se han registrado en el siglo XXI y la temperatura superficial media mundial en 2018 ha sido aproximadamente 1°C superior a la de los niveles preindustriales que corresponde al periodo comprendido entre 1850 y 1900. Además de las temperaturas, el clima extremo e impactos graves afectó a muchos países y millones de personas, con repercusiones devastadoras para la economía de las zonas afectadas y los ecosistemas en 2018 (WMO, 2019).

Durante más de 20 años, la comunidad científica han estado investigando las implicaciones de los cambios observados y proyectados en el clima e identificado la magnitud y el patrón de resultados de salud adversos sensibles al clima. No obstante, la confirmación de las pruebas es limitada, en particular en países de bajos recursos, debido al escaso financiamiento (Haines y Ebi, 2019).

Todas estas investigaciones han concluido que el cambio climático está afectando adversamente la salud humana, por un lado, al aumentar la exposición y la vulnerabilidad a las tensiones relacionadas con el clima (Ebi, Campbell-Lendrum y Wyns, 2018) y por otro lado, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2019), las alteraciones climáticas afectan a los determinantes sociales y ambientales de la salud, entre estos se encuentran el agua potable, aire limpio, alimentos suficientes y refugio seguro.

Entre estos determinantes se identifican factores subyacentes de salud, además de los demográficos y socioeconómicos. A través de la influencia combinada de estos factores, el cambio climático exacerba algunas de las amenazas existentes para la salud de las personas y las comunidades porque afecta la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación, y crea nuevos retos para la salud pública.

La información acerca de los resultados de salud por el cambio climático va a diferir si existen conjuntos de datos completos y de largo plazo que permiten la cuantificación de los cambios observados, y de si los modelos existentes pueden proyectar los impactos a las escalas temporales y geográficas de interés. En el caso de algunos impactos para la salud, los parámetros disponibles solo describen cambios en el riesgo de exposición, mientras que, en otros, los parámetros describen cambios en los resultados reales de impactos en la salud (tales como, el número de nuevos casos de una enfermedad o un aumento de fallecimientos) (Ebi et al., 2018).

Si bien, el calentamiento global puede traer algunos beneficios identificados,

como una mayor producción de alimentos en ciertas áreas del mundo y un menor número de muertes en el invierno en climas templados, se considera probable que los efectos en la salud por los impactos del cambio climático sean muy negativos.

Entre los principales efectos en la salud humana se encuentran (Ebi et al., 2018; WHO, 2019):

a) *Enfermedades transmitidas por vectores*: Una de las enfermedades más sensibles es el paludismo, transmitida por el mosquito *Anopheles*, responsable de la muerte de 400,000 personas cada año. Otro vector sensible a los cambios del clima es el mosquito *Aedes*, vector del dengue, chikungunya y zika.

b) *Infecciones transmitidas por agua y alimentos*: La falta de agua potable puede afectar la higiene y propiciar enfermedades diarreicas, en donde los niños menores de 5 años son altamente vulnerables. El 80 por ciento de la población mundial ya sufre graves amenazas a su seguridad hídrica, según los indicadores que consideran su disponibilidad, demanda y la contaminación. A lo largo de la costa, puede presentarse casos de contaminación bacteriana en los mariscos en los meses más cálidos. En casos extremos, la escasez de agua conduce a la sequía y al hambre.

c) *Eventos extremos*: Las inundaciones causan contaminación de los suministros de agua dulce y propician criaderos de vectores, además de diversas lesiones físicas, ahogamientos, destrucción de hogares e infraestructura, afectaciones en suministro de servicios de salud y daños en otros servicios esenciales. Ante estos impactos, las personas pueden verse en la necesidad de migrar lo que incrementa el riesgo de enfermedades transmisibles y problemas sociales. Son además responsables de un exceso de mortalidad; mayor incidencia de agotamiento por calor y golpe de calor; problemas de salud mental; agravamiento de las enfermedades circulatorias, cardiovasculares, respiratorias y renales, particularmente en poblaciones ancianas y niños. Las altas temperaturas también elevan los niveles de ozono y otros contaminantes atmosféricos que exacerban las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, los niveles de polen y otros aeroalergenos son mayores cuando aumenta la temperatura, afectando a poblaciones alérgicas, en particular a niños. Los incendios forestales liberan humo que empeora aún más la calidad del aire y representa un riesgo para la salud.

d) Seguridad alimentaria: Es probable que el aumento de las temperaturas y la precipitación variable disminuyan la producción de alimentos básicos en muchas de las regiones más pobres, afectando principalmente a los menores de cinco años.

e) Contaminación atmosférica: Muchos contaminantes del aire dañinos para la salud también dañan el clima, entre estos están las partículas finas de carbono negro (hollín) del diesel, la combustión de biomasa y el ozono a nivel del suelo. El aumento en el ozono troposférico ya ha reducido los rendimientos de trigo, arroz, maíz y soja, que van de un 3 a un 16 por ciento de reducción a nivel mundial.

Otro aspecto que considerar es el que la salud de la población puede verse afectada desde el punto de vista económico, debido a los impactos del clima, aunado a los daños en la infraestructura de salud pública y a los medios de vida debido a eventos meteorológicos extremos (Ebi, Berry, Campbell-Lendrum, Corvalan y Guillemot, 2011).

El grado de riesgo para la salud humana depende de la vulnerabilidad humana y la efectividad de la adaptación para las regiones (zonas costeras y no costeras), la naturaleza de los asentamientos informales y el diseño de infraestructura (energía, agua y transporte) (Ebi et al., 2018). De esta manera, ciertos grupos tienen una mayor vulnerabilidad a los impactos en la salud debido a sus condiciones personales como edad (adultos mayores y niños) y condiciones de salud (embarazo, enfermedades pre-existentes y personas que toman ciertos medicamentos) (Hoegh-Guldberg, Jacob,Taylor, Bindi, Brown et al., 2018); además de condiciones ambientales, como el lugar donde viven o trabajan y condiciones sociales como género, etnia, educación, niveles de pobreza o estado migratorio.

Las poblaciones vulnerables están continuamente expuestas a amenazas climáticas más severas, con indicadores que informan de 157 millones de eventos de exposición a la ola de calor para dichos grupos en 2017, más de 153 mil millones de horas de trabajo perdidas debido al aumento de las temperaturas y que las condiciones climáticas son las más adecuadas para la transmisión del virus del dengue desde 1950 (Watts, Amann, Arnell, Ayeb-Karlsson, Belesova, et al., 2018).

Al hacer evaluaciones de los impactos en la salud por el cambio climático no puede dejar de considerarse la importancia en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en la creación de capacidades para la adaptación. La falta de progreso en estos temas amenaza tanto la vida humana como la viabilidad de los sistemas nacionales de salud de los que dependen, además tienen el potencial de dañar la infraestructura básica de salud pública y abrumar los servicios de salud (Watts et al., 2018).

Los profesionales de la salud han tardado en unirse a los llamamientos a la acción sobre el cambio climático, pero parece que esto está cambiando en los últimos tiempos, ya que muchas organizaciones profesionales han desarrollado políticas que exigen una acción reforzada sobre el cambio climático (McGushin, Tcholakov y Hajat, 2018).

PRINCIPALES HALLAZGOS DEL INFORME ESPECIAL CALENTAMIENTO GLOBAL DE 1.5°C

En su informe especial el IPCC refiere los impactos del calentamiento global de 1.5°C por encima de los niveles preindustriales y las vías de emisión de GEI globales, en el contexto del fortalecimiento de la respuesta mundial a la amenaza que representa el cambio climático, así como el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza; además, enfatiza las amenazas documentadas científicamente a la salud

humana que pudieran ocurrir en caso de que los gobiernos no actúen para enfrentar el cambio climático (Myles, Babiker, Chen, Coninck, Connors, et al., 2018).

Los riesgos para la salud se distribuyen de manera desigual y generalmente son mayores para las personas y comunidades desfavorecidas en los países en todos los niveles de desarrollo. Cualquier aumento en el calentamiento global, incluso un aumento de 0.5°C, podría afectar la salud humana. El aumento de 1.5°C no se considera "seguro" para la mayoría de las naciones, comunidades, ecosistemas y sectores (Ebi et al., 2018).

Los principales riesgos / impactos a la salud humana se dan en los medios de vida, activos y ecosistemas por fenómenos meteorológicos extremos, como olas de calor, lluvias intensas, sequías e incendios forestales asociados, e inundaciones costeras (Myles, et al., 2018).

A continuación, se describen los principales pronósticos respecto al aumento en la temperatura y sus diversos impactos en la salud humana (Myles, et al., 2018; Ebi, et al., 2018, WHO, 2019).

- No hay certeza que se puedan identificar umbrales respecto a cambios repentinos e irreversibles de impactos a la salud por el cambio climático.
- Entre 2030 y 2050, se espera que el cambio climático cause aproximadamente 250,000 muertes adicionales por año, como consecuencia de la desnutrición, el paludismo, la diarrea y el estrés por calor.
- Se prevé que los aumentos de temperatura y del nivel del mar, los cambios en la distribución de las precipitaciones y los fenómenos extremos acrecentarán una diversidad de riesgos para la salud, que abarca desde los efectos directos de las olas de calor; inundaciones y tormentas, como riesgo de muerte, lesiones, problemas de salud; hasta repercusiones sobre los medios de subsistencia. Se proyectan menores riesgos a 1.5°C que a 2°C para la morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor.
- Ante temperaturas más altas, se podrían dar condiciones más favorables para la transmisión de enfermedades infecciosas importantes y enfermedades transmitidas por vector; en este último caso, se podría ampliar su rango geográfico, su estacionalidad sería más larga y se aumentaría el número de personas en riesgo con mayores impactos negativos en salud. Habría un mayor rango geográfico del vector *Anopheles*, una estación más larga y / o un aumento en el número de personas en riesgo. Así mismo, habría un mayor rango geográfico del vector del dengue a 2°C que a 1.5°C y se sugiere que habrá más personas en riesgo, con diferencias regionales; así como, de fiebre amarilla y Zika debido a un aumento en el número y rango del mosquito *Aedes*.
- Las áreas urbanas son particularmente vulnerables al calentamiento global cuando se trata de la salud humana, debido al efecto de la isla de calor en las zonas urbanas pues a menudo amplifican los impactos de las olas de calor. Con un calentamiento de 1.5ºC - 2°C, se esperan olas de calor anuales importantes.

Los aumentos en el calor extremo incrementarán el riesgo de enfermedad y muerte para las personas que tienen algún trastorno mental, entre otros, los adultos mayores y quienes toman medicamentos recetados, dado que alteran la habilidad del cuerpo para regular la temperatura.

- Otro riego en zonas urbanas es la formación de ozono dado que depende de la temperatura, así, las proyecciones que se enfocan solo en este aumento generalmente concluyen que la mortalidad relacionada con el ozono podría aumentar con el calentamiento adicional, con un mayor riesgo a +2°C que a 1.5°C. Los cambios en la mortalidad proyectada relacionada con la exposición a material particulado podrían aumentar o disminuir, dependiendo de las proyecciones climáticas con base en la suposición de las emisiones. Se prevé que los niveles altos de concentración de CO_2 en el ambiente podrían aumentar la producción y la capacidad alergénica del polen y compuestos alergénicos, afectando a las poblaciones vulnerables.
- Los riesgos para la salud humana y los sistemas de producción de alimentos se proyectan a una temperatura inferior a 1.5°C que, a 2°C, lo anterior incrementaría el riesgo de inseguridad alimentaria y alteraría los sistemas alimentarios, en particular para las poblaciones más pobres de zonas rurales como urbanas. La inseguridad alimentaria puede propiciar desnutrición en poblaciones altamente vulnerables, como menores de cinco años viviendo en condiciones de pobreza, haciéndolos susceptibles a otras enfermedades, como infecciones respiratorias o gastrointestinales; además impactará la mortalidad infantil relacionada con la desnutrición e influirá negativamente en la prevención de muertes infantiles.
- Los riesgos para la salud proyectados para la desnutrición, por un lado, son mayores a temperaturas de 2°C que 1.5°C. La población desnutrida global proyectada es de 530 a 550 millones a 1.5°C y de 540 a 590 millones a 2°C.
- Se prevé que durante los meses más calurosos del año los trabajadores presenten una mayor complicación en su trabajo que puede repercutir en su productividad. La temperatura ambiental asociada a mayores niveles de humedad, significarán un mayor estrés adicional para las personas que realizan actividad física y que se mantienen en exteriores. Se calcula que se puede reducir en seis por ciento las horas de trabajo si la temperatura aumenta 1.5°C, en caso de que no se den cambios en las condiciones del lugar de trabajo o en el comportamiento de los trabajadores. Los impactos en salud se pueden ver incrementados dado que muchos de los trabajadores no tienen servicios de salud, debido a sus condiciones de marginación.
- Las áreas con infraestructura de salud débil, en su mayoría en países en desarrollo, serán las menos capaces de hacer frente si no reciben asistencia para prepararse y responder.
- Los costos directos de los daños a la salud (es decir, excluyendo los costos en sectores determinantes de la salud, como la agricultura y el agua y el saneamiento), se estiman entre 2 y 4 mil millones de dólares al año para 2030.
- Se prevé que el cambio climático incremente de forma importante la pobreza.

Los riesgos para la salud que conlleva el calentamiento global están distribuidos de manera desigual y, en general, son mayores para las personas y comunidades menos favorecidas en los países en todos los niveles de desarrollo.

- Es probable que no existan estrategias para enfrentar los problemas de salud por el cambio climático. Esto propiciaría que se dieran impactos importantes en comunidades con una baja capacidad de adaptación.

LA MITIGACIÓN Y SALUD HUMANA

Las fuentes responsables de la emisión de los GEI y de los diversos contaminantes del aire son prácticamente las mismas. Por lo tanto, las medidas de mitigación que reducen este tipo de gases o el uso de combustibles fósiles también suelen reducir las emisiones de contaminantes que causan efectos adversos para la salud. Además, la reducción de las fuerzas climáticas de corta duración, como el metano, los aerosoles, el carbón negro y las emisiones de los vehículos, proporciona beneficios para la salud al reducir la contaminación atmosférica y evitar las muertes prematuras (Ebi et al., 2018).

Limitar el calentamiento a 1.5°C señalado en el último informe del IPCC (Myles et al, 2018) se puede alcanzar a través de mejorar la seguridad energética, el alivio de la pobreza y la disminución de los contaminantes atmosféricos, dichas medidas traerían beneficios para la salud pública. Por ejemplo, si la calidad del aire mejora se podrían evitar más de 100 millones de muertes prematuras en este el siglo (Ebi et al., 2018).

Otra forma de mejorar la calidad del aire sería a través de la disminución de la proporción de carbón en el suministro de energía en concordancia con los escenarios 1.5ºC, disminuiría también la contaminación del agua, así como los accidentes de la minería del carbón; con la mejora de la calidad del aire, la salud se vería beneficiada, especialmente en las zonas urbanas (Ebi et al., 2018).

Aquellos esfuerzos de mitigación dirigidos al cambio en los sistemas agrícola y alimentario pueden tener beneficios colaterales para la salud al promover dietas más saludables y sostenibles. Se considera que los impactos en la seguridad alimentaria de las medidas de mitigación de 1.5°C podrían ser significativamente más altos que los que habría que enfrentar ante 2°C (Ebi et al., 2018).

La salud humana es una característica de desarrollo sostenible para lograr 1.5°C, y existen sinergias entre muchos objetivos de desarrollo sostenible, como ODS3 y ODS13, y objetivos de políticas climáticas. En general, la limitación del cambio climático puede mejorar varias dimensiones del desarrollo sostenible, incluida la salud humana y el acceso al aire y al agua limpios (Ebi et al., 2018).

RECOMENDACIONES

Para enfrentar los grandes retos en la salud de las poblaciones humanas ante un mayor calentamiento, a continuación, se han identificado una serie de acciones en diversas

áreas, tanto en medidas de adaptación, como de mitigación a partir del Informe 1.5°C.

Un insumo de gran importancia en la toma de decisiones tanto para la adaptación como para la mitigación es contar con información de calidad y accesible. El Marco Operativo de la OMS ha hecho referencia a tres áreas clave en las que se deben desarrollar sistemas de información de salud: evaluaciones de vulnerabilidad, capacidad y adaptación; alerta temprana integrada y monitoreo de riesgos; e investigación de clima y salud. Toda esta información permite a las partes interesadas mejorar la comprensión de los riesgos lo que ayuda a concentrar el tiempo y los recursos del personal y económicos, así como a identificar las poblaciones vulnerables a los cambios en el clima que pueden necesitar atención especial (Sellers y Ebi, 2017).

Existen herramientas importantes para identificar los riesgos a la salud asociados al cambio climático. Entre estas están las herramientas de mapeo y los índices de vulnerabilidad, su uso, junto con la información geográfica, permiten un mapeo más exacto de los factores de riesgo y las vulnerabilidades sociales para identificar y proteger a todas las personas (Ebi et al., 2018).

Con base en el uso de redes de vigilancia, los sistemas de salud deben trabajar en estrecha colaboración con las agencias que monitorean los alimentos, el agua, la calidad del aire y los residuos a través de un trabajo interdisciplinario. Como las probabilidades de brotes de enfermedades varían debido a los cambios en las condiciones climáticas, las regulaciones deben actualizarse permanentemente para reflejar la comprensión actual de los riesgos (Semenza y Mene, 2009).

La salud de la población sigue siendo deficiente en muchos países de ingresos bajos y medianos. Muchas veces, los esfuerzos de preparación para emergencias en estos países son mínimos, ya que los gobiernos reaccionan ante desastres con información incompleta, así como con personal poco capacitado y equipado, lo que lleva a respuestas ineficaces. Se debe incluir un enfoque proactivo y permanente de prevención que reduzca el impacto de los riesgos de origen climático.

Un elemento de importante consideración es la participación de los nuevos desarrollos tecnológicos que pueden promover diversas acciones climáticas. Existen antecedentes de cómo la tecnología está reemplazando algunas acciones médicas como puede ser la salud electrónica en donde las tecnologías de información y comunicación (TICs,) junto con el desarrollo tecnológico en otros sectores, pudieran no solo reducir en un cuarto las emisiones de los GEI a nivel mundial (Ebi et al., 2018), sino también llevar la atención médica a poblaciones vulnerables. Los profesionales de la salud también pueden necesitar repensar cómo se prestan los servicios para adaptarse a un mundo con cambio climático. Tal es el caso de pacientes alérgicos debido a que los alérgenos pueden verse afectados por las nuevas condiciones del clima (Sellers y Ebi, 2017).

Un elemento que no se puede soslayar es la capacitación de recursos humanos. Esta capacitación no solo es para los trabajadores de salud y los responsables del propio sistema sanitario, sino también para todos aquellos profesionales de áreas vinculadas a la salud de forma directa o indirecta, de tal manera que estén abiertos al trabajo interdisciplinario cuando se discutan las medidas de adaptación y mitigación. La

capacitación debe adecuarse a las enfermedades características de la zona en cuestión, así como ajustarse en la medida que las condiciones vayan cambiando de acuerdo a las modificaciones del clima. La comunicación de riesgos debe ser una herramienta que permita que las personas tengan la información y desarrollen conciencia de identificar aquellas modificaciones ambientales que les puedan significar algún riesgo y una posible afectación personal o comunitaria en la salud, particularmente en eventos extremos asociados al clima; estas necesidades deberán cubrirse con recursos suficientes ya sea económicos, tecnológicos o de otro tipo. Los profesionales de la salud también se encuentran en riesgo de sufrir enfermedades asociadas al clima y afectar la calidad de la atención (Sellers y Ebi, 2017).

Los sistemas de salud eficaces son un componente crítico para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en un mundo de cambios ambientales (Liu, Oza, Hogan, Perin y Rudan, 2015). Los sistemas de salud estarán en condiciones de fragilidad ante el cambio climático. Para poder enfrentar los impactos es necesario incrementar el financiamiento para poder fortalecer dichos sistemas, de tal manera que tengan una mayor resistencia al clima.

Si bien el gasto en adaptación relacionado con salud a nivel nacional está aumentando, el financiamiento climático para la mitigación y la adaptación sigue siendo muy inferior a los USD$100 mil millones anuales comprometidos en el Acuerdo de París (Watts et al. 2018). Con el fin de optimizar las experiencias en la mitigación, se plantea desarrollar una colaboración nueva e independiente para proporcionar experiencia en la instrumentación de políticas de mitigación que mejoren la salud pública y supervisen el progreso en los próximos años, muchas de estas discusiones deben darse en entornos interdisciplinarios. Compartir y discutir experiencias novedosas entre países en vías de desarrollo ayudará a marcar caminos de éxito ante estos retos.

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

La investigación sobre el clima es un ejemplo pertinente de cómo dialogan la generación de conocimiento y la acción a través de políticas públicas (Dieguez, Toranza, Caorsi y García, 2018).

Los desafíos y las barreras para lograr la gestión eficaz del cambio climático para la salud pública ya no son cuestiones solamente científicas o ambientales, incluyen también temas de naturaleza social, ética, económica y política. En principio, para poder hacer investigación que provea de herramientas para toma de decisiones es necesario un enfoque científico interdisciplinario transversal para proponer soluciones innovadoras, valiosas y oportunas a este problema complejo.

Uno de los aspectos esenciales para abordar el desafío que representa el cambio climático y su impacto sobre la salud es tener una mirada intersectorial para gestionar los riesgos y problemas asociados a los cambios esperados en cuanto a los fenómenos climáticos. Se busca asegurar que esta interdisciplinariedad se haga presente tanto con

relaciones colaborativas entre otras instituciones del Estado, como con organizaciones públicas, privadas, la academia y organizaciones no gubernamentales.

A continuación, se señalan las necesidades puntuales de investigación identificadas en el Informe 1.5°C (Ebi et al., 2018).

- Ante el calentamiento de 1,5°C, no se cuenta con todo el conocimiento respecto a los riesgos para la salud y el bienestar en el contexto del cambio climático y el socioeconómico y, en particular en áreas de gran interés como las enfermedades infecciosas, la calidad del aire y la salud ocupacional.
- Se desconoce en gran medida los posibles impactos del cambio climático global y regional a 1.5°C en salud pública, distribución de alimentos, nutrición y pobreza, en particular para los países en desarrollo; así como, en los medios de vida en las comunidades rurales, grupos indígenas y personas marginadas.
- Es necesario estudiar los impactos del clima en la salud respecto a los riesgos regionales y las posibles opciones de adaptación a 1.5°C y 2°C.
- El entendimiento en la diferencia entre el impacto de 1.5°C y 2°C en la salud humana es muy limitado en las enfermedades diarreicas, la salud mental y la calidad del aire.
- Actualmente, se conoce de forma limitada los vínculos de 1.5ºC y 2ºC del calentamiento global en la migración humana.
- Existe un importante desconocimiento entre las interacciones del clima con los ODS. Cerrar esta brecha permitirá la selección exitosa de las medidas de mitigación que fortalezca el logro, tanto de los objetivos de 1.5°C, como de los de desarrollo sostenible.

Es fundamental invertir en la investigación sobre cambio climático y sus efectos en salud. Desde 2007, el número de artículos publicados sobre salud y cambio climático en revistas científicas ha aumentado en un 182%. Con el fin de plantear medidas de adaptación y mitigación exitosas para proteger la salud se debe seguir incrementando estos esfuerzos en investigación, en particular en los países y regiones con mayor vulnerabilidad (Watts et al., 2018). Los programas de investigación al contar con un amplio financiamiento y asociaciones sólidas dentro y fuera de los gobiernos, en todas las regiones, mejoran la comprensión de los vínculos entre el clima y la salud, haciendo que las respuestas sean más oportunas y efectivas (Sellers y Ebi, 2017).

REFLEXIONES

Con el fin de fortalecer e instrumentar la respuesta al cambio climático y la salud humana se plantean varias reflexiones.

Las posibles razones de la falta de participación del sector salud es el rol de liderazgo de los profesionales de la salud ante el trabajo interdisciplinario en función

de un problema y los desacuerdos sobre la escala apropiada de intervenciones para controlar dicho problema (p. ej., enfermedades transmitidas por vectores, inundaciones, olas de calor, entre otros). Se insta a los gobiernos nacionales a facilitar y promover la participación de los representantes del sector de la salud, tanto a nivel federal como regional, en la creación e instrumentación de planes de preparación para el cambio climático y la planificación y respuesta a emergencias internacionales (McGushin et al., 2018). Una propuesta para enfrentar estas limitaciones es la necesidad de una reflexión crítica sobre la investigación y la política de medio ambiente y salud para lograr la integración con consideraciones de equidad de salud global (Brisbois y Harris, 2010).

Por ejemplo, las colaboraciones y el trabajo interdisciplinario entre los sectores de salud pública, cambio climático, sociedad civil y construcción ecológica para mejorar la resistencia de las comunidades a las inundaciones urbanas podrían beneficiar la salud de la población (Houghton y Castillo, 2017). El trabajo interdisciplinario puede ayudar a reducir las brechas de comunicación en la academia y gestores de problemas de cambio climático y salud, lo que ayuda a movilizar a sus enormes recursos intelectuales en la causa de una mayor racionalidad y justicia social (Dieguez et al., 2018).

El completo entendimiento predictivo e incluso descriptivo del sistema climático requiere del saber de múltiples disciplinas. Entender su complejidad conduce a la realización de estudios interdisciplinarios, de tal manera que los proyectos que impliquen estudios climáticos y salud requieren una aproximación holística, formada por una síntesis entre diferentes disciplinas y la perspectiva de las partes interesadas.

Anteriormente, la salud no era una consideración importante en la política sobre la mitigación del cambio climático, pero la perspectiva cambió en el Acuerdo de París al darse cuenta de que muchas estrategias para reducir las emisiones de carbono, como las mejoras en la calidad del aire y el cambio a modos de transporte más activos, también tendrían co-beneficios de salud sustanciales (McGushin et al., 2018).

La viabilidad de las opciones o acciones de adaptación y mitigación para limitar el calentamiento a 1.5°C en el contexto del desarrollo sostenible está determinada, entre otras, por las implicaciones de estas acciones para la conducta humana y la salud.

La consideración de la salud, específicamente los co-beneficios de salud, ha sido reconocida por los investigadores del cambio climático y de la salud como una estrategia sólida para alentar una acción más ambiciosa sobre el cambio climático; a pesar de ello, sigue sin haber una posición de gestión que promueva la propuesta de medidas de mitigación que ofrezcan estos co-beneficios para la salud. Esto se da porque el sector salud no se ha integrado en la discusión respecto a las medidas de mitigación que se sabe que como co-beneficios puede beneficiar a la salud (Workman, Blashki, Bowen, Karoly y Wiseman, 2018).

Se han identificado cuatro áreas clave relacionadas entre sí, donde pueden existir barreras en relación con los beneficios colaterales para la salud: discurso, eficiencia, intereses creados y desafíos estructurales. Con base en lo anterior, se considera que el paradigma político-económico actual en el que se encuentra el cambio climático y

los procesos utilizados para desarrollar políticas de mitigación del cambio climático no respaldan adecuadamente el balance de los beneficios colaterales para la salud (Workman et al., 2018).

Para crear el camino de lograr dichas interacciones, se considera que el cambio climático es un tema complejo y de economía global que exige una respuesta multisectorial e interdisciplinaria, en particular cuando se analizan los impactos en salud humana. Por esta razón, es necesario pasar de un enfoque multidisciplinario a uno interdisciplinario para comprender las múltiples vías que unen los diversos cambios ambientales impulsados por el cambio climático y sus impactos en la salud de la población. Por consiguiente, es prioritario identificar la resiliencia del sector salud con el fin de priorizar las estrategias de adaptación y mitigación con co-beneficios (Workman et al., 2018).

Por esta razón, es urgente buscar espacios de discusión y compromiso intersectorial en donde el sector salud tenga una participación permanente. Una propuesta que permitiría iniciar este abordaje para enfrentar las soluciones del cambio climático y la salud es: mejorar la comprensión de las interacciones entre las secretarías de medio ambiente, energía y salud, pues a través de ello se podría tener una mayor claridad y conocimientos para mejorar el papel de los co-beneficios de salud en el desarrollo de políticas nacionales de mitigación del cambio climático.

Una necesidad que se ha señalado desde hace años y se vuelve a enfatizar en el informe 1-5°C es la necesidad de mejorar los servicios de salud actuales, como el acceso a agua potable y el mejoramiento del saneamiento y del acceso a servicios esenciales, como la vacunación, así como, desarrollar o fortalecer sistemas de vigilancia epidemiológica. Como parte del fortalecimiento institucional es necesario contar con información del sector salud y de aquellos sectores involucrados en enfermedades asociadas al clima, como puede ser el sector hídrico, alimentario y de biodiversidad, entre otros. Así mismo, contar con indicadores relacionados con enfermedades sensibles al clima permitirá hacer tanto seguimientos en la presencia de enfermedades como conocer el éxito de la instrumentación de medidas de adaptación y mitigación enfocadas o con impacto en salud (Ebi et al., 2018). Esta información será la base para mejorar la provisión de servicios básicos de salud y la coordinación con otros sectores. Tener instituciones mejor equipadas para compartir información e indicadores para detectar enfermedades sensibles al clima, mejoran la provisión de servicios básicos de salud. La adaptación efectiva crea sinergias a través de medidas básicas de salud pública e infraestructura de salud resiliente a eventos climáticos extremos (Ebi et al., 2018).

Uno de los grandes retos es la propuesta e instrumentación de acciones necesarias para mantener el calentamiento global por debajo de 1.5°C, las cuales se enfoquen en disminuir los efectos en un tema de gran importancia por sus impactos en la morbilidad y en la mortalidad que es mejorar la calidad del aire en áreas urbanas prioritarias (Ebi et al., 2018).

Como ya se ha discutido ampliamente, la pobreza es una condición que se verá afectada negativamente por el cambio climático. Los riesgos para la salud están distribuidos de manera desigual y, en general, son mayores para las personas y

comunidades con más limitaciones sociales y económicas en los países en todos los niveles de desarrollo. Debido a lo anterior, con un calentamiento de 1.5°C, en comparación con las condiciones actuales, se esperan más consecuencias negativas para la gente pobre, y mayor desigualdad y vulnerabilidad (Myles et al., 2018).

Uno de los temas de gran preocupación son las olas de calor y los desastres. Contar con sistemas de alerta temprana podrá ayudar a disminuir las lesiones, enfermedades y muertes, con un impacto positivo en el ODS 3.

Es importante la inversión en diversos temas no solo la salud, sino también educación, redes de seguridad social y seguros para la gestión de riesgos; ya que a través de ello puede lograrse sinergias importantes (Ebi et al., 2108). Como ya se ha señalado, es esencial que el sector salud se integre en discusiones interdisciplinarias que permitan discutir y decidir aquellas medidas de otros sectores que no conlleven afectaciones a la salud.

El sector salud también es un gran contribuyente a las emisiones de GEI y debe hacer todo lo posible para mitigar el cambio climático. Un esfuerzo importante es Red Global de Hospitales Verdes y Saludables en América Latina para transformar el sector del cuidado de la salud para que reduzca su huella ambiental, se convierta en un punto de referencia para la comunidad en materia de sostenibilidad y se posicione como líder del movimiento global para la salud y la justicia ambientales. Actualmente, el compromiso lo tienen 22 hospitales de Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica y Ecuador que se han sumado a esta iniciativa (Salud sin daño, 2018).

Dada la importancia del cambio climático en la salud humana, los profesionales de la salud tienen un papel crucial en la comunicación de estos impactos a los responsables de políticas y al público en general, abogando por una acción firme en la mitigación y adaptación al cambio climático (Watts et al., 2018).

CONCLUSIONES

Se espera que hasta mediados de siglo el cambio climático exacerbe principalmente los desafíos de salud ya existentes, con factores socioeconómicos que determinan la magnitud y el patrón de los riesgos de salud sensibles al clima.

El Informe 1.5°C muestra que la magnitud de la morbilidad y mortalidad relacionada con el calor proyectada sería aún mayor con el calentamiento global a 2°C que si se limita 1.5°C. También señala que para lograr esta meta se requiere de cambios rápidos y de gran alcance en todos los aspectos de la sociedad, apoyados por el compromiso que garantice una sociedad más justa, sostenible y equitativa.

Otro de los grandes desafíos que enfrenta el cambio climático a partir de este informe, es establecer objetivos, elaborar e implementar planes para reducir las emisiones de GEI y vincularlo con el medio ambiente local y otras prioridades del desarrollo, entre los temas a considerar, el de la salud es toral. Es evidente que el lento progreso en la reducción de emisiones y la creación de capacidad de adaptación amenazan tanto la vida humana como la viabilidad de los sistemas nacionales de salud de los que dependen, con el potencial de interrumpir la infraestructura de salud

pública central y abrumar a los servicios de salud ante los cambios del clima presentes y futuros.

Es evidente que los problemas del cambio climático también involucran sistemas sociopolíticos y ecológicos que pueden ir de lo local a lo global. Con el fin de entender los problemas, sus orígenes, evolución y forma de solucionarlos de forma exitosa y siempre en un marco de lugar y tiempo, es necesaria una perspectiva interdisciplinaria; de tal manera, que la comprensión de la vinculación e interacción de estos sistemas sea indispensable cuando el tema central es la salud, tanto de poblaciones vulnerables como de la población en general.

Si todos los gobiernos se esfuerzan por lograr la cobertura universal de salud para 2030, es probable que la salud de la población mejore mucho, siempre que también se aborden otros aspectos de la infraestructura de salud y la capacidad de la fuerza laboral. Como resultado, es menos probable que las enfermedades o lesiones por eventos relacionados con el clima resulten en una grave morbilidad o mortalidad, especialmente en países de ingresos bajos y medios.

A pesar de la complejidad en las negociaciones internacionales para logar una transición exitosa a bajas emisiones de carbono, queda claro que la naturaleza y la escala de la respuesta al cambio climático serán el factor determinante en cómo se ira configurando la salud de las naciones durante los próximos siglos.

FUENTES DE CONSULTA

Alcántara, M.G. (2011) Interdisciplinariedad, políticas de salud y globalización Fermentum. *Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 21(6), 247-264.

Brisbois, B, Harris, A.S. (2010) Climate Change, Vector-borne Disease and Interdisciplinary Research: Social Science Perspectives on an Environment and Health Controversy. *EcoHealth*, 7(4), 425-38.

Carvajal, Y.E. (2010) Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*, 31, 156-169.

Dieguez, F., Toranza, C., Caorsi, M.L. y García, M.C. (2015) Construyendo interdisciplina en torno al cambio y la variabilidad climática. Capítulo 7. En: Astigarraga L, Terra R, Cruz G, Picasso V (Eds.). *Educación, cambio climático, ciencia política, medio ambiente, legislación, interdisciplinariedad*. Centro interdisciplinario. Respuesta al cambio y variablilidad climática: vínculos ciencia-política y ciencia-sociedad. Montevideo, Uruguay, Espacio Interdisciplinario.

Ebi, K., Berry, P., Campbell-Lendrum, D., Corvalan, C. y Guillemot, J. (2011) *Proteger la salud frente al cambio climático. Evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación*. Washington, D.C., EUA., OPS/OMS.

Ebi, K., Campbell-Lendrum, D., Wyns, A. (2018) The 1.5 *Health Report. Synthesis on Health & Climate Science in the IPCC SR1.5*. Recuperado el 6 de febrero de 2019

https://www.who.int/globalchange/181008_the_1_5_healthreport.pdf

Haines, A., Ebi, K. (2019) The Imperative for Climate Action to Protect Health. *New England Journal of Medicine*, 380, 263-273.

Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, S., Brown, I., Camilloni, A., Diedhiou, R., et al. (2018) Impacts of 1.5ºC Global Warming on Natural and Human Systems. En: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O., Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani et al. (Eds.). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado el 2 de febrero de 2019 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf

Houghton, A., y Castillo-Salgado, C. (2017) Health Co-Benefits of Green Building Design Strategies and Community Resilience to Urban Flooding: A Systematic Review of the Evidence. *International Journal of Environmental Reserach and Public Health*, *14*(12), 1519.

Myles, R. A., Babiker, M., Chen Y., Coninck, H., Connors, S., van Diemen, R., Dube O.P., et al. (2018) Summary for Policy Makers. En: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O., Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani et al. (Eds.). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Intergovernmental on Climate Change. Recuperado el 3 de febrero de 2019 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf

Liu, L., Oza, S., Hogan, D., Perin, J., Rudan, I.; Lawn, J.E.; Cousens, S.; et al. (2015) Global, regional, and national causes of child mortality in 2000–13, with projections to inform post-2015 priorities: An updated systematic Analysis. *Lancet,* 385, 430–440.

McGushin, A., Tcholakov, Y., y Hajat, S. (2018) Climate Change and Human Health: Health Impacts of Warming of 1.5°C and 2°C. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1123-1126.

Salud sin daño, (2018) Hospitales que curan el planeta | Informe sobre el trabajo de los miembros de la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables en América Latina 2018 Recuperado el 12 de febrero de 2019 https://saludsindanio.org/informe-2018

Sellers, S., y Ebi, K. (2017) Climate Change and Health under the Shared Socioeconomic Pathway Framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 3.

Semenza, J.C., y Menne, B. (2009) Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infectous Diseases*, 9, 365–375.

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K. et al. (2018) The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *Lancet*, 392(10163), 2479-2514.

WHO, (2019) *Climate change and health*. Recuperado el 6 de febrero de 2019.

https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health

WMO, (2019) *WMO confirms past 4 years were warmest on record*. Recuperado el 6 de febrero de 2019 https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-confirms-past-4-years-were-warmest-record

Workman, A., Blashki, G., Bowen, K.J., Karoly, D.J., y Wiseman, J. (2018) The Political Economy of Health Co-Benefits: Embedding Health in the Climate Change Agenda. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 674.

Capítulo 10
Los impactos emocionales del reporte especial del IPCC[1]

Alice Poma

RESUMEN

El último Reporte Especial del IPCC (2018), además de confirmar que estamos viviendo ya los efectos de un calentamiento global de 1ºC, proporciona más evidencias sobre las graves consecuencias del aumento de la temperatura, sobre todo si llegamos a los 2ºC. La llamada a "cambios sistémicos", "urgentes" y "de amplio alcance" que el Reporte Especial recomienda para hacer frente al calentamiento global puede percibirse no solo como la enésima voz de alerta que no será escuchada, sino también como una invitación a una trasformación profunda. El objetivo de este capítulo es reflexionar sobre una dimensión infravalorada del cambio climático: su impacto emocional y el papel de las emociones en la respuesta al mismo. En el capítulo se compartirá, con este fin, algunas reflexiones sobre el contenido del RE, centradas en destacar algunos límites del mismo tanto en la forma como en el contenido. Sucesivamente, se presentarán los principales avances acerca de la comprensión de la dimensión emocional del cambio climático, basada en revisión de literatura psicológica y sociológica. Posteriormente, presentaré un análisis de los impactos emocionales del RE que se fundamentará en los resultados de una discusión con estudiantes en la UNAM.

Palabras clave: cambio climático; emociones; manejo emocional; estudiantes.

ABSTRACT

The IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5ºC (2018), in addition to confirming that we are already living the effects of a global warming of 1ºC, provides more evidence on the serious consequences of the increase in temperature, especially if we reach 2ºC. The plea to "systemic" "urgent" and "far reaching" changes that the Special Report (SR) recommends to address global warming, may be perceived as the umpteenth voice of warning that will not be heard, but also, as an invitation to a radical transformation. The aim of this chapter is to present an undervalued dimension of climate change: its emotional impact(s) and the role of emotions to its response. The chapter will provide, for this purpose, some reflections around the content of the SR, focused on highlighting some limits in both form and content. Successively, I'll present a review on the emotional dimension of climate change, based on psychological and sociological literature. Finally, I will present an analysis of the SR emotional impacts that will be based on the results of a discussion with UNAM students.

1 Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT <IA300419>

Key words: climate change; emotions; emotion management; students.

INTRODUCCIÓN

Estamos en un momento crucial para la humanidad: conocemos los impactos que el desarrollo industrial está generando en el planeta, pero no estamos demostrando tener la voluntad de revertir el proceso en curso. El último Reporte Especial del IPCC (2018), además de confirmar que estamos viviendo ya los efectos de un calentamiento global de 1ºC, proporciona más evidencias sobre las graves consecuencias del calentamiento global. En particular, aporta evidencias de los posibles efectos sobre los socioecosistemas al superar los 1.5ºC, evidenciando la urgencia de una respuesta global radical.

Más de treinta años de diplomacia climática, marcos normativos y acuerdos internacionales no han evitado que las emisiones de gases de efecto invernadero sigan subiendo, acelerando el calentamiento global y sus efectos en el equilibrio climático del planeta.

A esta altura, algunos percibirán los cambios "sistémicos", "urgentes" y "de amplio alcance" que recomienda el Reporte Especial (RE) como la enésima voz de alerta que no será escuchada, mientras que para otros sujetos será una invitación a una transformación profunda. Como escribió Leslie Davenport, "enfrentar el cambio climático es más que reducir las emisiones de CO_2, y crear soluciones de energía limpia. Encarar los aspectos prácticos de un futuro sustentable es parte vital de nuestra evolución" (2017:20).

Para responder a esta invitación, y generar conocimiento que pueda permitir responder de manera eficaz y radical al cambio climático, desde las ciencias sociales se están desarrollando investigaciones que abarcan diferentes dimensiones del problema a diferentes niveles de análisis, desde lo global a lo local.

El objetivo de este capítulo es reflexionar sobre una dimensión infravalorada del cambio climático: su impacto emocional y el papel de las emociones en la respuesta al mismo. Aunque las narrativas sobre cambio climático son fuertemente emocionales, y tienen un impacto que se refleja en conceptos como "depresión climática" (Thomas, 2014); "ecofatiga" [2]; "dolor climático" (Running, 2007); y "ecoansiedad" (Albrecht, 2011), como afirma la psicóloga Davenport, "no existen claras directrices clínicas o paradigmas que abordan los efectos psicológicos dominantes del cambio climático" (2017:25) y, también en sociología, "existen sorprendentemente escasas investigaciones sobre las emociones y el cambio climático" (Kleres y Wettergreen, 2017:509).

Partiendo de estas premisas, en el primer párrafo del capítulo compartiré algunas reflexiones alrededor del contenido del RE, centradas en destacar algunos límites del mismo tanto en la forma como en el contenido. A esto seguirá la presentación de los principales avances acerca de la comprensión de la dimensión emocional del cambio climático, basada en la revisión de literatura psicológica y sociológica. Al compartir

2 Definida como "la tendencia a rechazar asumir la sobrerresponsabilidad de los hechos presentados y, consecuentemente, a desconectar de la información emitida" (Huerta y Corraliza, 2017, p. 113)

esta literatura se pretende poner las bases para reflexionar sobre la relación entre emociones y cambio climático, que puede permitirnos comprender la respuesta o falta de respuesta al problema.

A continuación se presentará un análisis de los impactos emocionales del RE que se fundamentará en los resultados de una discusión en el marco del Seminario en Investigación Social en Cambio Climático que se está llevando a cabo mensualmente en el IIS-UNAM. El análisis mostrará ciertos patrones en el impacto emocional del cambio climático que, además de haber sido destacados en la literatura, se pueden observar también en el contexto analizado. Por ejemplo, se evidenciará cómo el miedo que sienten algunos jóvenes universitarios preocupados por el cambio climático puede sobrellevarse gracias al sentimiento de eficacia y estrategias de manejo individual. Además, se mostrará de qué forma el RE puede generar emociones como la decepción, la desconfianza hacia los actores que lo generaron o enojo y preocupación hacia la respuesta institucional al cambio climático. El capítulo concluirá con algunas reflexiones finales sobre el papel de las emociones en la respuesta al cambio climático y algunos retos que quedan pendientes.

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE EL REPORTE ESPECIAL

En este apartado presentaré algunas reflexiones que me surgieron a partir de la lectura del RE, en las que evidenciaré algunos límites que considero puedan ser un punto de partida para fomentar una discusión alrededor de la respuesta institucional al cambio climático.

Lo primero que llama la atención del documento es su extensión (792 páginas) y el hecho de que solo sea en inglés. Sin embargo, para facilitar el acceso a la lectura de un público experto incluyeron el resumen para tomadores de decisiones y los resúmenes por capítulo. Una primera pregunta que surge entonces es, ¿por qué no existe un resumen para el público en general? Idealmente, considero que la misma ONU tendría que proporcionar estos documentos, además, generados para públicos diferentes, según edad, empleo, nivel de instrucción, idioma, etc.

Sin la generación de este material, lo que sucede es que el mensaje del RE llega, fuera de los círculos de expertos, a través de los medios de comunicación, con títulos como: "El planeta solo tiene hasta 2030 para detener un cambio climático catastrófico, advierten los expertos"[3].

El hecho de delegar la difusión de esta información a los medios de comunicación, tiene diferentes impactos, por ejemplo, puede difundir el "miedo climático", que como veremos más adelante influye en la negación del problema (Norgaard, 2011), pero también hace que esta información pierda legitimidad, si las fuentes que la reproducen no son de confianza.

Si se considera necesario comunicar el contenido del RE a un público más amplio, sería entonces necesario considerar todas las implicaciones de la difusión de

3 CNN en español, 8 de octubre de 2018, https://cnnespanol.cnn.com/2018/10/08/el-planeta-solo-tiene-hasta-2030-para-detener-un-cambio-climatico-catastrofico-advierten-los-expertos/

la información y las estrategias para que esta genere una respuesta positiva, y no un proceso de negación o elusión del problema. Para poder hacer esto, la información que se genera tendría que generarse a partir del conocimiento actual sobre el impacto emocional que puede traer consigo el tema del cambio climático, lo cual se mostrará en el siguiente apartado, y además monitorearse, para poder saber si los efectos que genera son los esperados o son diferentes.

El segundo eje de estas reflexiones se centrará en algunos límites que encontré en el contenido del RE, y que considero deben atenderse para poder enfrentar el cambio climático de manera sustancial y no ceremonial.

El RE habla de la necesidad de cambios urgentes y de gran alcance, pero se queda muy vago en qué tipo de cambios hay que implementar, y además no ofrece pistas de cómo generar estos cambios.

Detrás de estos límites podemos reconocer la naturaleza misma del documento, que solo es de apoyo para tomadores de decisiones, pero no es prescriptivo. Además, el RE solo reúne algunos avances de investigación, que se han generado en ciertas disciplinas y países (no todas las disciplinas están representadas por igual, y solo se considera literatura en inglés). Esto implica que la implementación de las medidas o ideas sugeridas en el reporte dependen del conocimiento local y contextualizado de cada territorio, de la voluntad de los habitantes del mismo y de sus representantes, y de las posibilidades (recursos económicos, capital humano, entre otros) de cada país, región, ciudad, etc. Por ello, el RE reconoce que las barreras que se presentarán, si se quiere evitar llegar a los 2ºC de aumento de temperatura, no serán tanto (o solo) técnicas, sino "económicas, institucionales y socioculturales".

Como deja entender el RE, las transformaciones que se necesitan para enfrentar el cambio climático son profundas y radicales, e impactarán la vida de todos, y su eficacia dependerá de cómo se llevarán a cabo en los distintos países y contextos. Por ejemplo, hablando de las medidas de adaptación, en el RE se afirma que "si inapropiadamente diseñados o implementados, los proyectos de adaptación en una gama de sectores, pueden aumentar la emisión de gases de efecto invernadero o de uso de agua, aumentar las desigualdades de género y sociales, amenazar las condiciones de salud, y violar ecosistemas naturales" (D3.2).

Y aquí es donde el RE se queda corto y pierde la oportunidad de trascender y superar el posicionamiento acrítico y aparentemente neutral de los documentos oficiales. Vivimos en un mundo desigual, donde la crisis socioambiental se acompaña de una crisis humanitaria y social. No solo vivimos en un mundo más contaminado, sino también más desigual, y estas dos dimensiones son inseparables y están estrictamente vinculadas con el modelo de desarrollo industrial y capitalista que ha generado el cambio climático.

La aparente 'neutralidad científica' que manifiesta el RE y el tecnicismo que transmite a través de la inmensa cantidad de datos que proporciona en realidad esconden la falta de voluntad de tomar una postura ética, si no política, frente al cambio climático. No sorprende entonces que el RE no mencione nunca las palabras capitalismo o neoliberalismo, y tampoco atribuye responsabilidades sobre los problemas

sociales y ambientales que aborda.

El paradigma de racionalidad 'científica' y 'económica' que rige el RE y el discurso oficial alrededor del cambio climático, que desde las Naciones Unidas se reproduce a todos los niveles institucionales hasta los gobiernos locales, son los mismos que han generado el problema, a través del desarrollo industrial y el crecimiento económico. Para poder enfrentar el cambio climático eS necesario entonces cuestionar el paradigma que está a la raíz del problema, proponiendo nuevos paradigmas como el de 'racionalidad ambiental' (Leff, 2004, 2011). Como escribió Leff:

> "Más allá del debate sobre las causas naturales o antropogénicas del calentamiento global; más allá de la voluntad política de los Estados para cumplir compromisos y emprender acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero con una serie de medidas conservacionistas (preservación de biodiversidad, freno a la deforestación, producción de energías limpias), la construcción del caso del cambio climático se forja en la apropiación social del problema, en una confrontación entre las vías de resolución que emergen dentro de una modernidad reflexiva (la eficacia de una estrategia basada en la valorización económica del ambiente y los instrumentos económicos de la gestión ambiental), frente a las vías alternativas que se abren en la perspectiva de una racionalidad ambiental" (Leff, 2011:27).

Vinculado con el límite del RE de reproducir y ser guiado por el paradigma de racionalidad económica, otro límite que destaco en este documento es la ausencia en identificar la necesidad de un cambio cultural para poder llevar a cabo los cambios "sin precedentes" necesarios para enfrentar el cambio climático.

Hablar de cambios actitudinales, comportamentales y de estilo de vida, como se hace en el RE es importante y alerta sobre lo que presupone enfrentar el cambio climático desde nuestras vidas cotidianas. Sin embargo, esa visión de que solo tenemos que cambiar hábitos de consumo, sin cuestionar el modelo de consumo, refleja la tendencia neoliberal de atribuir los cambios a la voluntad (y los sacrificios) llevados a cabo de manera individual, sin generar cambios sistémicos y colectivos. El discurso dominante alrededor del cambio climático, está poniendo mucho énfasis en la responsabilidad individual, invisibilizando la responsabilidad de las corporaciones (sus dueños, accionistas, CEO, etc.) que se benefician a costa de la vida (humana o no humana) en el planeta, y de los estados que de manera activa o pasiva, avalan y reproducen el sistema.

Mi opinión al respecto, es entonces que para enfrentar el cambio climático necesitamos promover un cambio cultural, que permita cuestionar el paradigma que rige el sistema económico y social que está generando el cambio climático, y que se caracterice por valores y prácticas proambientales. Como escribió Hochschild, el capitalismo no es solo un sistema económico, sino también cultural, que ha modificado nuestra manera de ver el mundo, de relacionarnos y también de sentir.

Un cambio cultural presupondría entonces también un cambio en la manera de sentir, enfrentando la impotencia, la culpa y el miedo que puede generar un problema como el cambio climático (Norgaard, 2011; Poma, 2018), y poniendo en discusión la relación con la naturaleza que ha caracterizado la humanidad, por lo menos, en los dos

últimos siglos. Ese cambio cultural presupondría promover la solidaridad y la empatía con las personas más vulnerables y las generaciones venideras, en lugar del egoísmo. Presupondría también promover la compasión hacia los animales amenazados por el cambio climático y sus efectos, y la preocupación por las especies que desaparecen, en lugar de la insensibilidad y crueldad.

En fin, el cambio climático, como afirma también Davenport, es "una invitación radical a una profunda transformación" (2017:19) y "si podemos reconocer la conexión vital entre nuestros pensamientos, emociones y comportamientos en nuestras decisiones cotidianas, los costos dañinos sobre la gente y el ambiente pueden eliminarse" (2017:20). Lamentablemente, el RE, como reflejo de la respuesta institucional al cambio climático, está aún lejos de asumir estos desafíos.

EL IMPACTO EMOCIONAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El impacto emocional del cambio climático es un tema que está adquiriendo atención e interés en los últimos años a nivel internacional. Sin embargo, las investigaciones que se focalizan en esta dimensión psicológica y social, son aún escasas y realizadas principalmente en Estados Unidos y Europa.

El objetivo de este apartado es compartir algunos avances de la literatura especializada sobre este tema, y discutirla a partir de resultados de investigación obtenidos en la Ciudad de México, sobre el impacto emocional del cambio climático en general, y del Reporte Especial del IPCC (2018) en particular.

La dimensión emocional puede abordarse desde diferentes disciplinas. En este capítulo se discuten los avances desde la psicología y la sociología de las emociones. Una de las principales diferencias entre las dos disciplinas es que mientras la psicología se centra en el individuo, la sociología de las emociones considera las emociones como constructos socioculturales que los individuos sienten, pero que interpretan y expresan según normas que son sociales y culturales (Hochschild 1979, 1983). Además, desde la sociología se ha puesto énfasis en la superación del dualismo entre emociones y racionalidad (Barbelet 1998; Jasper 1997, 2018), y en la dimensión colectiva de las emociones, ya que éstas pueden emplearse estratégicamente, manejarse individualmente y colectivamente, compartirse, contagiarse, etc. En particular, desde los años noventa del siglo XX se abrió una línea de investigación en el campo de estudio de los movimientos sociales centrada en comprender cómo las emociones influyen en la acción colectiva contenciosa (Jasper, 1997, 2018; Goodwin, Jasper y Polletta, 2001; Flam y King, 2005; Gould, 2009). En el marco de este enfoque sociológico, las reflexiones compartidas en este capítulo se basan en la literatura que ha analizado la dimensión emocional de la respuesta al cambio climático (Norgaard, 2011; Ojala, 2012, 2015; Kleres y Wettergreen, 2017).

En lo que concierne a la psicología, los documentos que resumen los avances de esta disciplina respecto a la dimensión emocional del cambio climático son unas guias elaboradas por la Asociación Americana de Psicología (APA) en colaboración junto con ecoAmerica (Clayton, Manning y Hodge, 2014 y Clayton, Manning, Krygsman y Speiser, 2017). Es interesante destacar que desde la perspectiva psicológica las

emociones están analizadas en el marco de la salud mental, y de los efectos del cambio climático en esta esfera de la salud humana. Estos documentos, así como otros instrumentos que se han generado desde la psicología (ver Davenport, 2017), ofrecen sugerencias para hacer frente a los impactos emocionales del cambio climático tanto de manera individual como comunitaria.

Las emociones que los psicólogos han identificado en relación con el cambio climático se asocian a ciertos impactos del mismo, y se pueden resumir tal y como se ve en la Tabla 1. Más allá de las emociones reportadas en la Tabla 1, lo que me interesa destacar es cómo la repuesta emocional difiere según los impactos del cambio climático, y de cómo, por ejemplo, hay respuestas emocionales diferentes frentes a desastres o frente a los impactos graduales del cambio climático.

Como muestran Neria y Schultz (2012), quiénes analizaron el impacto emocional del huracán Sandy en Estados Unidos en 2012, el estrés generado por ser afectados por eventos atmosféricos extremos puede acompañarse de la preocupación por desastres futuros y sentimientos de vulnerabilidad, impotencia, duelo, dolor y desesperación.

Tabla 1: Algunas emociones vinculadas con los impactos del cambio climático

Emociones relacionadas con la respuesta a desastres (experiencia directa)	Miedo (terror, pánico) Rabia Estrés[4] Dolor y desesperación
Emociones generadas por los cambios en el territorio (experiencia directa)	Estrés Solastalgia[5] Desolación Pérdida
Emociones relacionadas con los impactos graduales del cambio climático (experiencia indirecta)	Ansiedad y angustia Depresión Rabia Impotencia Agotamiento Fatalismo Resignación

Elaboración de la autora a partir de Clayton et al. (2014 y 2017)

4 "Un estado emocional negativo que ocurre en algunas formas de desorden mental y que causa nerviosismo, miedo, aprensión y preocupación" (Clayton et al., 2017, 68).

5 "La experiencia vivida del cambio percibido negativamente en un entorno familiar" (Clayton et al., 2017, 69)

Por otra parte, es diferente el impacto emocional de quién es afectado directamente por los eventos atmosféricos extremos y los que sólo los conocen a través de los medios de comunicación. Aunque la información sobre desastres puede generar preocupación, miedo y ansiedad, el nivel de duelo y desesperación al ser afectados puede ser mucho más intenso.

A eso se añade que, según la cultura, las creencias y los valores, puede haber respuestas emocionales diferentes hasta en la afectación directa, que a su vez pueden llevar a diferentes percepciones y respuestas al cambio climático. Como se evidencia en Clayton et al. "a pesar de que la comprensión y el conocimiento del cambio climático de las personas puede aumentar al experimentar los efectos directamente, la percepción, la política y la inseguridad pueden complicar esta conexión" (2017: 6).

En lo que concierne a la política, por ejemplo, Dunlap, McCright y Yarosh (2016) muestran que el hecho de que en los EEUU se asocie el discurso al cambio climático con la izquierda influye en la percepción del problema de muchos ciudadanos que no simpatizan con esta corriente política. Por otro lado, al trabajar con un colectivo que defiende el agua en la ciudad de México y que se caracteriza por ser anticapitalista y apartidista, he podido comprobar que las emociones hacia las autoridades también influyen en la respuesta al problema. La asociación del discurso del cambio climático con ciertos actores sociales, como el gobierno de la Ciudad de México o el gobierno federal, que no gozan de confianza por parte de los sujetos entrevistados, hace que este discurso se perciba como "hipócrita" e instrumental (Poma, 2018).

Junto con la respuesta emocional a los desastres, otro ámbito que han analizado los psicólogos ha sido la respuesta emocional a los cambios en el territorio, sin tener estos que ser catastróficos. Como muestra Devine-Wright "el cambio climático está causando cambios significativos en la estructura de los lugares donde la gente vive, trabaja y pasa su tiempo libre, y por ende en el apego emocional asociado con estos lugares" (2014:165). Por ejemplo, si nos sentimos orgullosos del clima templado de nuestra ciudad, los cambios en las temperaturas o en las precipitaciones pueden no solo disminuir nuestro confort climático (Pérez et al, 2006), sino también generar desapego hacia la ciudad. Estos impactos, por no ser disruptivos y estar vinculados con la vida cotidiana, son menos evidentes y por eso menos analizados, pero eso no significa que no puedan a largo plazo tener un impacto social y cultural. El apego al lugar, en particular, ha sido analizado como un elemento relevante para comprender la respuesta al cambio climático. Como muestran Devine-Wright y Batel (2017) a mayor apego local y global, mayor será la posibilidad de que los ciudadanos actúen a favor del medio ambiente. Una relación positiva entre apegos al lugar y activismo proambiental la comprobé también en mi investigación en la Ciudad de México, que mostró que es gracias a estos apegos que los sujetos perciben los cambios ambientales (Poma, 2019).

Si en el caso de desastres y cambios en el territorio la experiencia directa de las personas permite identificar cierta respuesta emocional –aunque diferente según el contexto y la cultura– al tratar los efectos graduales del cambio climático encontramos más dificultades. Como escribieron Searle y Gow (2010), "mirar el despliegue de los lentos y aparentemente irrevocables impactos del cambio climático, y preocuparse por el futuro de uno mismo, de los hijos, y de las futuras generaciones, puede ser una fuente de estrés adicional" (citado en APA, 2017:27). En mi investigación en la

Ciudad de México he podido comprobar que las emociones generadas por los efectos graduales del cambio climático y la información recibida al respecto son similares a las que identificaron otros colegas en otras geografías y culturas. Por ejemplo, al preguntar a los 14 participantes de un grupo focal que organicé con integrantes de la *Asamblea de pueblos, barrios, colonias y pedregales de Coyoacán* en 2018, las emociones que los participantes dijeron sentir con relación al cambio climático fueron: rabia (expresada también con coraje o enojo) por parte de 7 participantes; angustia (expresada también con incertidumbre o preocupación) por 7 participantes; miedo (6, de los cuales una persona usó el término terror), impotencia (3) y tristeza (3). Además, durante la discusión dos emociones estuvieron al centro del debate: la culpa, relacionada con la huella ecológica individual y la frustración generada por el impacto limitado de las acciones proambientales. En este caso de estudio, resignación y fatalismo no aparecieron porque los sujetos que participaron en la investigación están empoderados y organizados, elementos que permiten evitar estas emociones desmovilizadoras. Sin embargo, sí pude comprobar que el hecho de que los efectos del cambio climático no son fácilmente identificables en la Ciudad de México genera una 'distancia psicológica'[6] (APA, 2017) y un proceso de abstracción del problema. El hecho de no estar (aún) viviendo directamente los efectos del cambio climático puede alimentar los procesos de negación (*denial*) y/o elusión (*avoiding*) del problema que, como ya vimos, pueden también verse fortalecidos por elementos como la percepción, la politización del problema o la inseguridad.

Norgaard (2011), quien desarrolló una investigación etnográfica bajo la perspectiva de la sociología de las emociones en un pueblo rural noruego, muestra que la negación del cambio climático es un proceso social que se puede dar en sujetos informados, que confían en sus instituciones, que están viviendo los efectos locales del cambio climático, organizados y sensibles hacia los problemas ambientales. Los resultados de la socióloga apuntan a que ciertas emociones "incómodas"[7] como la impotencia, la culpa y el miedo, llevarían a un manejo emocional para evitar estas emociones, lo que conduciría a la negación del problema. La autora, muestra por ejemplo, que las personas evitan hablar del cambio climático porque este tema genera estas emociones incómodas. Al no hablar del problema, se impide que este sea socializado, y por ende que las personas se unan para responder al mismo.

Clayton et al. (2014, 2017) también confirman la tendencia de las personas a no compartir con los demás lo que sienten acerca del cambio climático, y la falta de espacios colectivos con este fin, comportamiento que está dificultando la respuesta al problema porque impide superar emociones como la impotencia, el fatalismo o la resignación.

Por último, quiero destacar que tanto colegas psicólogos como sociólogos están prestando atención a la manera de comunicar el cambio climático (Urbina, 2017; Moser 2007, 2013; Salama y Aboukoura 2018), ya que la información recibida genera emociones como las ya identificadas en la Tabla 1. Este aspecto no es ajeno al objetivo

6 "El grado en el que un individuo piensa en un evento, persona o idea como abstracto y separado de su realidad actual, en lugar de ser concreto y directamente experimentado" (Clayton et al,, 2017, p. 69).

7 Traducción de la autora. Norgaard usa los adjetivos unpleased, troubled y uncomfortable, que decidí traducir con incómodas.

del libro en el que está incluido este capítulo, ya que los reportes del IPCC también están difundiendo información sobre el cambio climático que como veremos más adelante tienen un impacto emocional.

En resumen, la Tabla 1 muestra la complejidad del impacto emocional al cambio climático. Sin embargo, el cambio climático no ha generado una respuesta más amplia por parte de la sociedad porque no ha generado todavía, en la gran mayoría de las personas, un *shock* moral (Kleres y Wettergren, 2017). Este proceso, propuesto en el campo de estudio de emociones y protesta, se define como "la respuesta emocional a un evento inesperado o un conjunto de informaciones que aumenta el sentimiento de ultraje en una persona que se inclina hacia la acción política" (Jasper, 1998:409). Seguir analizando las respuestas emocionales del cambio climático se vuelve entonces necesario para poder comprender cómo los seres humanos enfrentamos el cambio climático, promoviendo o resistiendo los cambios económicos, sociales, culturales, comportamentales, etc. que se nos presentarán.

En esta línea, en el siguiente párrafo presentaré el análisis del impacto emocional del reporte especial del IPCC (2018) en un pequeño grupo de estudiantes universitarios, con el objetivo de alimentar el conocimiento sobre esta dimensión del cambio climático.

EL IMPACTO EMOCIONAL DEL REPORTE ESPECIAL DE 1.5ºC

A pesar de que el RE no es un documento destinado al público en general, ha circulado entre expertos, investigadores y estudiantes interesados, aunque si bien es más común encontrar espacios para reflexionar y debatir sobre el contenido del documento, raramente se analiza el impacto emocional que genera su lectura.

Para colmar esta laguna, presentaré un análisis basado en los datos obtenidos en una discusión de una hora con 12 estudiantes (Tabla 2) que participaron en la primera sesión del "Seminario de Investigación Social en Cambio Climático"[8], para el cual tuvieron que leer el resumen para tomadores de decisiones y los resúmenes de los cinco capítulos del RE, acompañados por una charla impartida por el Dr. José Clemente Rueda Abad, investigador del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, en el marco del seminario.

Sin tener pretensiones de universalidad, no siendo una muestra representativa, el objetivo del análisis ha sido corroborar los resultados de las investigaciones sobre la dimensión emocional del cambio climático y proporcionar patrones que pueden ser el punto de partida para futuras investigaciones.

8 El seminario mensual es una actividad que se lleva a cabo en el IIS-UNAM en el marco del proyecto PAPIIT "Generando CON-CIENCIA sobre el cambio climático: acciones locales para enfrentar un problema global" (Clave: IA300419) del cual soy la investigadora responsable.

Tabla 2

Sigla	**Género**	**Nivel estudio**	Área N/S	**Familiarizados con el tema**
P1	H	Doctorado	Social	Sí
P2	M	Licenciatura	Social	Sí
P3	M	Maestría	Social	Poco
P4	M	Licenciatura	Social	Sí
P5	M	Pasante	Social	No
P6	M	Licenciatura	Social	Sí
P7	M	Pasante	Natural	Sí
P8	H	Pasante	Natural	Poco
P9	M	Licenciatura	Social	Sí
P10	M	Licenciatura	Social	No
P11	M	Licenciatura	Natural	Poco
P12	H	L	S	No

En cuanto a la conformación del grupo, de los doce estudiantes tres son hombres y nueve son mujeres; nueve tienen estudios en ciencias sociales [sociología (4), comunicación (2), economía (1), derecho (1); pedagogía (1)], y tres en ciencias naturales (todos de ciencias de la tierra: 2 mujeres y 1 hombre). La mayoría tiene título de licenciatura (7), tres estudiantes son pasantes de licenciatura, una estudiante de doctorado cuenta con maestría y otro participante ya terminó su doctorado. Solo tres de los estudiantes (2 mujeres y 1 hombre) –todos de ciencias sociales– no estaban familiarizados con el tema de cambio climático porque apenas se están acercando, y esto será un dato relevante en la percepción e impacto que ha tenido el RE.

La pregunta que motivó la discusión es cómo se sentían después de haber leído el RE y escuchar la charla del Dr. Rueda.

Siendo la participación al seminario voluntaria y motivada por el interés de los estudiantes, la mayoría de los cuales como ya evidencié están familiarizados con el cambio climático, el sentimiento de eficacia, es decir, el sentimiento que se contrapone a la impotencia, ha sido expresado por la mayoría (8 de los 12 participantes). Los que no expresaron sentimiento de eficacia fueron los tres participantes que no estaban familiarizaos con el tema del cambio climático (P5, P10 y P12), y otro estudiante (P8) que expresó como emociones principales desánimo y frustración.

El sentimiento de eficacia se ha manifestado a través de referencias al cambio climático como un desafío, como dijo una participante “es desafiante, es un reto para la vida” (P2).

Un elemento interesante del sentimiento de eficacia expresado por los participantes, es que a pesar de ser conscientes de que el cambio climático no se puede revertir, por lo menos en el breve y mediano plazo, los estudiantes manifestaron esperanza y optimismo, ya que como afirmaron:

> No podemos, ni nuestra generación, ni la siguiente, ni la que siga, solucionar el fenómeno del cambio climático, pero sí lo podemos poner en *stand-by*. (P4)

> Entre no hacer nada e intentar hacer algo, es mejor intentar hacer algo y tratar de detener o frenar el cambio climático. (P7)

Como demostró McGeer (2004), la esperanza es una emoción necesaria cuando las posibilidades de éxito son limitadas, es además necesaria para mitigar el miedo e inspira la acción. Como evidencian Kleres y Wttergren (2017), quienes analizaron la dimensión emocional del activismo climático, en un mundo de miedo, los activistas se convierten en *brokers of hope*. La esperanza que puede movilizar, sería entonces la esperanza en que los seres humanos podemos generar los cambios necesarios para no llegar a los dos grados centígrados y así evitar los impactos que el RE presenta.

El sentimiento de eficacia que expresaron los participantes al seminario, también se hace presente cuando los estudiantes sienten otras emociones que podríamos definir como desalentadoras, tal es el caso de la angustia o la frustración, como muestra este extracto:

> Pero siento que otra vez nos quedamos allí mismo, o sea, tenemos que cambiar algunas cosas, pero no vamos a lo más grande, a lo sustancial. Entonces eso me pone a pensar cómo puedo hacer que esto vaya más hacia allá, sí generar conciencia, pero que esta conciencia se transforme en algo más, en acción. (P9)

Lo que muestra este testimonio es un proceso de manejo emocional (Hochschild, 1979, 1983), ya que esta estudiante tiene que canalizar su frustración en entusiasmo para buscar soluciones al problema. En el marco del cambio climático el manejo emocional puede emplearse para negar o eludir el problema, como muestra Norgaard (2011), pero también para desmantelar los mecanismos que paralizan frente al cambio climático.

Emociones como ansiedad, miedo, angustia y preocupación asociados al problema y a la información sobre cambio climático, que han sido expresados por todos los participantes, deben manejarse para que no lleven a la negación del problema. En el caso de una participante, por ejemplo, nos contó como para manejar la angustia que le produce el tema del cambio climático acude a la música y recuerdos que la calman, ya que como nos compartió:

> Hablar, leer [del cambio climático], me genera angustia, y esta angustia en lugar de quedarse en 5 puede irse en 11, y es allí cuando a nivel individual me puede afectar a mí. (P4)

Otra participante compartió la ansiedad que le generó la lectura del RE, y de qué forma esta ansiedad influyó de manera inconsciente en su lectura, hasta que llegó a encontrar las informaciones sobre las soluciones climáticas que le generan esperanza:

> Leer el reporte sí me causó un poco de ansiedad. Los primeros párrafos de los capítulos, como que te van diciendo todo muy catastrófico, si no hacemos algo, todo lo malo que va a pasar. Entonces fue así como, "ok, esto es malo, esto es malo", entonces lo leí rápidamente para ya no sentir eso. En los últimos capítulos sí te da algo de esperanza que se puede hacer algo, (…) y dije "hay chance todavía. (P11)

Como afirmó otro asistente (P1), estos mecanismos para evitar la ansiedad y la angustia son normales y no hay que culparse por eso, ya que:

> No podemos estar con estrés todo el día. Entonces hasta que te impacte el tema, tienes que manejarlo. Tienes que vivir. Tienes que seguir con tus actividades. (P1)

Por esta misma razón tanto en la psicología (APA 2014, 2017; Davenport, 2017) como en la sociología, el manejo de estrés, la angustia y la ansiedad generados por el cambio climático es central para no generar negación.

Otra emoción incómoda que ha sido vinculada con la negación del problema es el miedo (Norgaard, 2011). El miedo es frecuentemente asociado a la desmovilización o a la paralización en la literatura sociológica de los movimientos sociales. Sin embargo, hay estudios que muestran que ciertos miedos en lugar de paralizar, movilizan. Por ejemplo, Kleres y Wttergren (2017) muestran que el miedo ha sido una emoción movilizadora para los activistas climáticos que entrevistaron. En México, Poma y Gravante (2018) muestran cómo el miedo a perder el bosque es movilizador para los integrantes del Comité Salvabosque en Zapopan (Jalisco).

Para poder comprender qué miedos movilizan y qué miedos paralizan, hay que identificar la fuente de los miedos y cómo son interpretados y manejados por los sujetos.

El miedo que es asociado al cambio climático es principalmente el miedo generado por la incertidumbre y la inseguridad, y el miedo generado por la incapacidad de evitar el cambio climático. Estos miedos pueden tener un efecto paralizador si no se vislumbran soluciones y alternativas, pero pueden movilizar, si son asociados a ciertos valores y al sentimiento de eficacia, como muestran las palabras de esta participante, quien afirmó en la discusión que el cambio climático la asusta:

> Hay mucho que podemos hacer, y no porque sea angustiante nos vamos a detener en esto. (P6)

En cuanto al impacto del contenido del RE, tres participantes (P1, P2, P7) afirmaron

que la cantidad de información que proporciona es abrumante, y además se criticó que solo era en inglés y que no había un resumen que no fuese para especialistas.

Solo un participante no familiarizado con el tema (P12) se declaró sorprendido por el contenido del RE, mientras que para cinco de ellos lo que generó fue decepción (P3, P4, P5, P7, P9). La decepción depende de las expectativas y está vinculada con el hecho que, para los que habían leído los reportes anteriores, "no hay información nueva" (P9), pero también con el carácter acrítico del contenido del RE. Como afirmó una entrevistada:

> En realidad no les están importando las personas, sino es como un *green washing* de la economía. (…) No le veo sentido a estos reportes... yo me veo como decepcionada porque tal parece que (…) no hay una conciencia crítica al hacer estos reportes. (P3)

A la decepción se suman otras emociones como la angustia o preocupación por cómo se está enfrentando el cambio climático:

> El reporte sigue pensándose en el marco del sistema económico en el que estamos, un ajuste neoliberal en el mismo marco del sistema. (...) Me termina de preocupar, no lo que hace el gobierno, no lo que hace el IPCC, [sino] lo que podemos hacer nosotros, a partir de que no hay solución en tanto seguimos pensando en la misma lógica, incluso en la academia. (P12)

> Realmente es la economía lo que sigue siendo importante y no realmente el ambiente o el planeta. Y esto me genera muchos sentimientos: angustia y enojo. (…) sí es decepcionante que no haya más, que no propongan más, que no se vea más allá. (P7)

Las últimas emociones que quiero destacar en relación con el contenido del RE y la respuesta al cambio climático son las emociones hacia los actores involucrados, sean el IPCC o los estados. Como se puede leer en el último testimonio reportado, el paradigma desde el que se está enfrentando el cambio climático genera enojo, pero también desconfianza, ya que como afirmó una participante:

> Me empezó a hacer ruido el hecho de que, entre líneas, de fondo, había más bien un discurso político-económico, que en realidad no está tratando de resolver nada en materia social, sino más bien de qué modo la economía se mantiene, para unos, porque no [es] para todos. (P10)

A esa desconfianza hacia los actores institucionales que están liderando las políticas para mitigar el cambio climático se suma la rabia o resentimiento hacia los países desarrollados que son identificados como los que tendrían que comprometerse a bajar las emisiones (P2) y como "hipócritas" (P4) por estar implementando estrategias de descarbonización a costa de países en vías de desarrollo como México. Sin embargo

no faltaron las críticas hacia nuestro país, ya que como afirmó una participante: ¿Cómo México va a llegar a ser sustentable si está basando su economía en recursos no renovables y altamente contaminantes? (P4).

Como muestran Kleres y Wttergren (2017), la rabia se evoca a través del proceso de identificación de los culpables (Poma, 2017), que en el caso del cambio climático pueden ser: los dirigentes políticos, el conjunto de los países desarrollados y las corporaciones. Por esta razón, las acciones climáticas son casi siempre llevadas a cabo frente a parlamentos, lugares símbolos de poder político, o instalaciones donde se organizan los eventos internacionales.

En el caso de los activistas climáticos, Kleres y Wttergren (2017) muestran además que la rabia es una emoción expresada más por los activistas del "sur global" (en su caso, de África) que del norte (principalmente europeos), los cuales suprimen la rabia por ser una emoción considerada "sospechosa" por las democracias neoliberales del norte.

La rabia o indignación que puede generar la ineficaz respuesta institucional al cambio climático es una de las emociones morales que se identifica como movilizadora en el activismo climático. Esto es interesante si se considera que los movimientos climáticos han ido difundiéndose y visibilizándose en los últimos meses, sobre todo en Europa, también a partir de la apropiación del contenido del RE. Una primera hipótesis que tendría que comprobarse es, entonces, si otro de los impactos (emocionales) del RE es haber despertado indignación, rabia o decepción, emociones que podrían estar motivando a jóvenes y menos jóvenes a actuar, pidiendo cambios estructurales y desarrollando alternativas, para frenar el cambio climático. Una segunda hipótesis es si los estudiantes que están desarrollando sus investigaciones sobre cambio climático y sienten un compromiso hacia el tema están generando emociones similares a las de los activistas climáticos y cómo las están manejando.

CONCLUSIONES

Las reflexiones y el análisis presentados en estos capítulos, más que conclusiones llevan a abrir nuevos caminos de investigación y generar nuevas preguntas, como mostré a final del apartado anterior.

Frente a la pregunta propuesta por el IPCC, ¿aún estamos a tiempo?, considero que los estudiantes que están participando en el Seminario de Investigación Social en Cambio Climático, están demostrando que sí, porque a pesar de la urgencia y gravedad del problema, muestran esperanza, compromiso y empoderamiento.

El objetivo del capítulo ha sido mostrar la relevancia de analizar el impacto emocional del cambio climático y cómo las emociones pueden influir en la respuesta al mismo. A pesar del mucho camino aún por recorrer, el capítulo confirma que hay impactos emocionales diferentes según la experiencia de las personas, y que ciertos patrones, como la generación de miedo, ansiedad, angustia, etc. se repiten.

El capítulo muestra también la importancia en centrarse en el impacto emocional del RE, lo cual nos reconduce a otros retos y preguntas: ¿Debería la sociedad conocer

el contenido del RE? ¿Cómo se podría comunicar para que no genere emociones incómodas? ¿Qué contenidos tendrían que compartirse con diferentes sujetos sociales y con qué lenguaje o instrumentos de comunicación?

Estos retos están dirigidos a comunicadores y científicos sociales y naturales, ya que, no solo se necesitan estudios para generar documentos que difundan las informaciones sobre cambio climático que sean rigurosas, comprensibles y adaptadas a los sujetos para que no tengan impactos emocionales negativos. Además, cuando se difundan estos materiales habría que hacer seguimiento para ver el impacto que tienen.

Finalmente, analizar la dimensión emocional del cambio climático permite añadir complejidad a la comprensión de la respuesta al problema, y evidencia también la necesidad de crear espacios para entablar acciones y conversaciones significativas, que como apunta Davenport (2017), son necesarias para aumentar nuestra resiliencia emocional frente al cambio climático.

FUENTES DE CONSULTA

Albrecht, G. (2011) Chronic environmental change: Emerging "psychoterratic" syndromes. En I. Weissbecker (Ed.), *Climate change and human well-being: Global challenges and opportunities* (pp. 43–56). New York, NY: Springer.

Barbalet, J. M. (1998) *Emotion, social theory, and social structure: A macrosociological approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

Clayton, S., Manning, C. M., & Hodge C. (2014) *Beyond storms & droughts: The psychological impacts of climate change*. Washington, DC: American Psychological Association and ecoAmerica.

Clayton, S., Manning, C. M., Krygsman, K., & Speiser, M. (2017) *Mental Health and Our Changing Climate: Impacts, Implications, and Guidance.* Washington, D.C.: American Psychological Association, and ecoAmerica.

Davenport, L. (2017) *Emotional resiliency in the era of climate change*. London, England: Kingsley.

Devine-Wright, P. (2014) Dynamics of Place Attachment in a Climate Changed World. En Manzo, L.C. y Devine-Wright, P. (eds.), *Place Attachment. Advances in Theories, Methods and Applications* (pp. 165-177). Oxon/New York: Routledge.

Devine-Wright, P. y Batel, S. (2017) My neighbourhood, my country or my planet? The influence of multiple place attachments and climate change concern on social acceptance of energy infrastructure. *Global Environmental Change,* 47, 110-120.

Dunlap, R. E., McCright, A. M., & Yarosh, J. H. (2016) The political divide on climate change: Partisan polarization widens in the U.S. Environment: Science

and Policy for *Sustainable Development*, 58(5), 4–23. doi:10.1080/00139157.2016.1208995

Flam, H., & King, D. (2005) *Emotions and Social Movements*. London/New York: Routledge.

Goodwin, J., Jasper, J. M., & Polletta, F. (eds.) (2001) *Passionate Politics: Emotions and Social Movements*. Chicago: University of Chicago Press.

Gould, D. (2009) *Moving Politics: Emotion and ACT UP's Fight Against AIDS*. Chicago: University of Chicago Press.

Hochschild, A. R. (1979) Emotion work, feeling rules, and social structure. *American Journal of Sociology*, 85, 551-575.

Hochschild, A. R. (1983) *The Managed Heart: the Commercialization of Human Feeling*. Berkely, CA: University of California Press.

Huerta, C. y Corraliza, J.A. (2017) Resistencias psicológicas en la percepción del cambio climático. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio social*, 136, 107-119.

IPCC, (2018) Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp. Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf

Jasper, J. M. (1997) *The Art Moral of Protest: Culture, Biography, and Creativity in Social Movements*. Chicago: University Chicago Press.

Jasper, J. M. (1998) The Emotions of Protest: Affective and Reactive Emotions in and Around Social Movements. *Sociological Forum*, 13(3), 397-421.

Kleres J., & Wettergren Å. (2017) Fear, hope, anger, and guilt in climate activism. *Social Movement Studies*, 16:5, 507-519.

Leff, E. (2004) *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI Editores.

Leff, E. (2011) Sustentabilidad y racionalidad ambiental: hacia "otro" programa de sociología ambiental. *Revista Mexicana de Sociología*, 73(1), 5-46.

McGeer, V. (2004) The art of good hope. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science, 592*, 100–127.

Moser, S. C. (2007) More bad news: The risk of neglecting emotional responses to climate change information. En S. C. Moser & L. Dilling (Eds.), Creating a climate for change: Communicating climate change and facilitating social change (pp. 64–80). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Moser, S. C. (2013) Navigating the political and emotional terrain of adaptation: Community engagement when climate change comes home. En S. C. Moser & M. T. Boykoff (Eds.), Successful adaptation to climate change: Linking science and policy in a rapidly changing world (pp. 289–305). New York, NY: Routledge.

Neria, P., & Schultz, J. M. (2012) Mental health effects of hurricane Sandy characteristics, potential aftermath, and response. *JAMA*, 308(24), 2571–2572.

Norgaard, KM. (2011) *Living in denial: Climate change, emotions, and everyday life*. Cambridge, MA: MIT Press.

Ojala, M. (2012) Hope and climate change: The importance of hope for environmental engagement among young people. *Environmental Education Research, 18*, 625–642.

Ojala, M. (2015) Hope in the Face of Climate Change: Associations with Environmental Engagement and Student Perceptions of Teachers' Emotion Communication Style and Future Orientation, *The Journal of Environmental Education*, 46:3, 133-148, DOI: 10.1080/00958964.2015.1021662

Pérez, I. R., Carranza Ortiz, G., Nava Cruz, Y. y Larqué Saavedra, A. (2006) La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal. En Urbina Soria, J. y Martínez Fernández, J. (Comp.), *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global* (pp. 123-140). Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología.

Poma, A. (2017) *Defendiendo territorio y dignidad. Emociones y cambio cultural en luchas contra represas en España y México.* Campina Grande, Paraíba, Brasil: State University of Paraiba Press, WATERLAT-GOBACIT Network, School of Hispanic-American Studies (EEHA), Higher Council of Scientific Research (CSIC), Western Institute of Technology and Higher Education (ITESO). DOI: 10.5072/zenodo.127365

Poma, A., & Gravante, T. (2018) Emociones, identidad colectiva y estrategias en los conflictos socio-ambientales. *Andamios. Revista de Investigación Social*, 15(36), 287-309. DOI 10.29092/uacm.v15i36.611

Poma, A. (2018b) El papel de las emociones en la respuesta al cambio climático. *Revista INTERdisciplina,* 6(15), 191-214.

Poma, A. (2019, en prensa). Cambio climático y activismo ambiental: el papel de los apegos al lugar. *Tla-melaua, Revista de Ciencias Sociales*, 46.

Running, S. (2007) Five stages of climate grief. *Numerical Terradynamic Simulation Group,* 173. University of Montana. Disponible en https://scholarworks.umt.edu/ntsg_pubs/173

Salama S. & Aboukoura K. (2018) Role of Emotions in Climate Change Communication. En Leal Filho W., Manolas E., Azul A., Azeiteiro U., McGhie H. (eds), *Handbook of Climate Change Communication* Vol. 1, (pp 137-150). Cham: Springer.

Searle, K., & Gow, K. (2010) Do concerns about climate change lead to distress? *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 2, 362–379.

Thomas, M. (2014) "Climate depression is for real: just ask a scientist." *Grist,* 28 octubre 2014. Disponible en: https://grist.org/climate-energy/climate-depression-is-for-real-just-ask-a-scientist/

Urbina Soria, J. (2017) La percepción social del cambio climático: insumo fundamental para la gobernanza climática. En Rueda Abad, J. C., García, C. y Ortiz Espejel, B. (Coords.), *La Gobernanza Climática en México: Aportes para la consolidación estructural de la participación ciudadana en la política climática nacional. Vol. II. Retos y opciones* (pp. 331-353). Ciudad de México: UNAM, Programa de Investigación en Cambio Climático.

Capítulo 11

La reinterpretación de zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas como respuesta al cambio climático

Celeste Cedillo González

RESUMEN

Los retos que tenemos como humanidad para enfrentar la nueva realidad sobre la problemática de cambio climático nos obliga a replantearnos modelos de política pública de conservación que deben ser actualizados frente a los riesgos que se pronostican. Esta reflexión propone un modelo para la reinterpretación de las zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas (ANP), en específico para parques nacionales en México, como una respuesta a la acción conjunta que se requiere a nivel global. Este modelo conceptual tiene por objeto integrar elementos del enfoque geográfico a la concepción de gobernanza ambiental ya que esto permitiría alcanzar mayor coordinación entre políticas de conservación de la biodiversidad a nivel regional o a nivel de unidad ambiental, una organización y mejora de procesos de concertación, mejor coordinación de estrategias y recomendaciones por parte de la sociedad civil, mayor acompañamiento de los procedimientos, así como la simplificación del intercambio y el uso compartido de la información existente. En este sentido integrar elementos de ambos enfoques permite poner en una perspectiva ubicada espacialmente los problemas de interacción institucional y la coordinación multinivel lo cual se traduce en mejores impactos de las políticas públicas de conservación y así aminorar los efectos del cambio climático.

Palabras clave: áreas naturales protegidas; zonas de amortiguamiento; cambio climático; gobernanza ambiental y geografía ambiental.

ABSTRACT

The challenges humanity faces with the new reality of climate change, forces us to rethink models of environmental and conservation policies, which must be reconsidered and updated to respond more effectively to emerging risks and hazards. This chapter proposes a model for the reinterpretation of the natural protected areas (NPA) buffer zones, in particular for national parks, as a response to the joint action required at the global level, as part of a more sustainable social approach for the design of conservation policies that contribute to mitigation and adaptation to climate change. This conceptual model aims to integrate elements of the geographical approach to the concept of environmental governance, since this make possible to achieve greater interplay between policies for the conservation of biodiversity at the regional level or at the level of unit environmental organization. This can improve processes of

consultation and coordination of strategies and recommendations by civil society, promote greater support to procedures by communities, as well as to simplify sharing of the information related to conservation policies. In this regard, to incorporate elements of those approaches allows us to understand institutional coordination and multilevel interaction in a spatially situated perspective, that translates into more effective public decisions with impacts in conservation policy and contributions to mitigate the effects of climate change.

***Keywords**: natural protected areas, climate change, environmental governance, environmental geography*

INTRODUCCIÓN

Un grupo de expertos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), presento en octubre del 2018 su informe especial sobre los impactos del calentamiento global de 1.5°C por encima de los niveles pre-industriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero para evitar este aumento. Este informe confirma y refuerza la necesidad de mantener un fuerte compromiso con los objetivos del Acuerdo de París de limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C y continuar los esfuerzos para limitarlo a 1.5°C.

Los resultados más relevantes de este informe sostienen que para limitar el calentamiento global a 1.5 °C se necesitarán cambios de gran alcance y sin precedentes en todos los aspectos de la sociedad. Es necesario, sostiene, que las emisiones netas globales de dióxido de carbono (CO_2) de origen humano disminuyan para el 2030 alrededor de un 45% respecto de los niveles de 2010, y sigan disminuyendo hasta alcanzar el "cero neto" aproximadamente para el 2050. Para lograrlo es necesario que en los próximos doce años transformemos nuestros sistemas energéticos, agrícolas, urbanos e industriales, e involucremos a todos los actores no estatales para integrar la acción climática en el marco más amplio de las políticas públicas que tendrán impacto en áreas como el empleo, la seguridad y la tecnología.

El cambio climático es una de las principales amenazas para el equilibrio de la naturaleza, y esto significa en concreto que lo que está en juego es algo tan vital como la biodiversidad y el mantenimiento de los ecosistemas. En este estudio se proyecta, por ejemplo, que los impactos en la biodiversidad y los ecosistemas, incluida la pérdida y la extinción de especies, serán sustancialmente menores a 1.5 ° C en comparación con los 2 ° C. Se prevé que la limitación del calentamiento global reduzca los impactos en los ecosistemas terrestres, de agua dulce y sistemas costeros y estos provean de más y mejores servicios ecosistémicos para la humanidad, en general.

En la biodiversidad, a pesar de ser entendido como un problema global, los mecanismos o estrategias para su gestión con frecuencia han implicado control de los límites de su uso y acceso a escalas locales, regionales y nacionales. Este artículo pretende resaltar la importancia de considerar el re-escalamiento o cambio en la escala de las dimensiones ambientales, que ha sido sujeto de un considerable debate en la literatura crítica de la geografía en la década pasada (Cohen & McCarthy, 2015: 3).

Abordaré la importancia de re-escalar o reinterpretar a través de enfoques como la geografía ambiental las llamadas áreas de amortiguamiento en ANP, siendo estas los principales instrumentos de política pública de conservación de la biodiversidad a nivel mundial y en nuestro país, como una respuesta para alcanzar las metas de reducción del calentamiento global derivadas de este informe.

LAS ANP COMO PRINCIPAL INSTRUMENTO DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

En gran medida por la influencia del debate sobre las consecuencias del cambio climático antropogénico es que se ha logrado poner sobre la mesa una reflexión fundamentada acerca de los efectos que han producido las actividades humanas a los sistemas de la Tierra durante el Antropoceno[1], los cuales van de la mano de retos como la promoción del desarrollo económico, las desigualdades sociales, el agotamiento de recursos naturales y los efectos del cambio climático, entre otros problemas mundiales. Si bien la participación de la sociedad civil y del sector privado en el tema del medio ambiente y desarrollo sustentable ha ido creciendo en los últimos años y ha sido central para la definición de una mejor comprensión del alcance de la crisis ambiental global, esto connota un poderoso desafío para la transformación de las instituciones y la definición de políticas de conservación capaces de garantizar protección de espacios naturales, garantizar alternativas de desarrollo para las comunidades que ocupan esos espacios y, algo crecientemente importante, reconocer la importancia y dignidad del mundo no humano.

De acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica de 1992, en especial su meta 11 de Aichi[2], nuestro país se comprometió a proteger para el año 2020, al menos, el 17% del total de su territorio terrestre y el 10% de las zonas marinas y costeras.

A nivel mundial las ANP han sido y son uno de los principales instrumentos de política pública para establecer regímenes alternativos de uso de recursos o de restringir la actividad humana en su conjunto con el objetivo de detener la pérdida de biodiversidad. De acuerdo a la Base de Datos Mundial 2018 sobre Áreas Protegidas del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés) y del Centro Mundial de Monitoreo para la Conservación, existen al menos 238,563 áreas protegidas en todo el mundo, las cuales abarcan alrededor de 20 millones de km^2 que equivale aproximadamente un 14.9% de la superficie de la Tierra (UNEP, WCMC, IUCN, & NGS, 2018, p. 6). Esto constituye un fuerte aumento en el número de áreas protegidas contabilizadas a nivel mundial ya que en 1992 la cifra de áreas protegidas era de 48,388 y abarcaban sólo alrededor de 12.8 millones de km^2 (UNEP-WCMC, 2006).

1 Concepto propuesto por Paul Crutzen, Premio Nobel de Economía en el año 2000, para definir una nueva era geológica caracterizada por los altos impactos de los humanos sobre la Tierra.

2 Metas definidas en el Plan Estratégico para la Biodiversidad 2011-2020. El Plan sirve como un marco flexible para el establecimiento de los objetivos nacionales y regionales y promueve la aplicación coherente y eficaz de los tres objetivos de la Convenio sobre la Diversidad Biológica.

UN APORTE CRÍTICO DE LA GEOGRAFÍA AMBIENTAL A LA GOBERNANZA EN ANP.

El re-escalamiento en muchas ocasiones juega un rol en la creación de nuevos objetos y espacios de la gobernanza ambiental. El cambio climático, el enfoque de cuencas y los bosques comunitarios son ejemplos de nuevos objetivos de la gobernanza ambiental creados principalmente de procesos de re-escalamiento (Cohen & McCarthy, 2015:4).

El enfoque geográfico permite aportar nuevos elementos al debate de la definición del re-escalamiento aplicado al modelo de la gobernanza ambiental de ANP para mejorar los resultados e impactos en términos de conservación, perspectiva que no suele ser considerada generalmente en los enfoques de la gobernanza ambiental.

Autores como Nicholas Blomley (2008, 2014) y James C. Scott (1998) son fundamentales para explicar estos elementos desde un análisis basado en el derecho y en la definición de espacio, en los cuales concuerdan que todo modelo de gobernanza no es sino sólo una interpretación humana de atributos humanamente construidos y que esta simplificación de los espacios trae consigo ambigüedad y contradicción.

Blomley es un geógrafo profesor en la Universidad de Simon Fraser en Canadá interesado en el derecho y en los temas de propiedad de la tierra; pertenece a una nueva corriente teórica del enfoque geográfico aplicado al espacio, la ciudad, los recursos naturales, etc. Él sostiene que como humanos vivimos nuestras vidas a través de innumerables espacios. Estos espacios incluyen contenedores (como vecindarios, estados y parcelas de propiedad), relaciones (proximidad, distancia, acceso, vigilancia, relaciones éticas) y escalas (local y global) (Blomley, 2014:1).

Si consideramos a la naturaleza como objeto de propiedad, se necesitan límites a esta propiedad y usualmente estos están definidos por características naturales como ríos, lagos, lagunas, montañas, etc. El problema es que estos límites son metafóricos, es decir, no se aplican en la realidad y el cuestionamiento puede continuar sobre si son apropiables o no (Blomley, 2008).

Las disputas sobre la propiedad complican el señalamiento de estos límites o fronteras. Es necesario categorizar y, a través de las leyes, asignar objetos a distintas categorías que pueden ser analizadas. La propiedad de la tierra está vista como algo destructivo y antropocéntrico, al mismo tiempo que hay una imposición reductiva, es decir, una simplificación de la tierra, esto hace que haya una pérdida de la integridad y de la complejidad ambiental (Blomley, 2008).

Blomley (2008) sostiene que la propiedad es una forma de simplificación que tiene como fin el control de lo que el hombre en realidad no puede controlar. El problema con la simplificación es que trae consigo ambigüedad. La naturaleza no se puede simplificar de manera sencilla porque hay muchos aspectos que deben considerarse. Tenemos que considerar, por ejemplo, que la naturaleza es cambiante y por lo tanto es muy difícil imponerle generalizaciones y límites. La propiedad tiene una dimensión práctica, no puede estar reducida a un conjunto de ideas independientes o representaciones, pero hay que reconocer que también conlleva una serie de disposiciones, los objetos, las redes y las acciones que están fuera del alcance del control de las leyes o normas ya previstas, es por ello que la propiedad puede resultar hasta cierto punto absurda (Blomley, 2008).

En resumen, la propiedad tiene una dimensión práctica, que en la medida en que nos encontramos con algo que identificamos como propiedad en el mundo lo hacemos en virtud de nuestros encuentros con las prácticas de la propiedad en lugar de con alguna entidad previa y separada (quizás en lugar de preguntarnos ¿qué propiedad es? deberíamos preguntar ¿cómo es?), que la propiedad ayuda a constituir el fundamento sobre el cual se experimenta el efecto de la misma y que la producción de la propiedad es parcial, incompleta e imperfecta (Blomley, 2008, pág. 1840). Sin embargo, la tenencia y propiedad de la tierra también implica control y dominio por los recursos contenidos en dicha propiedad y por lo mismo hay efectos distributivos desiguales en su acceso y uso.

Para Blomley (2008:2) el campo de la geografía legal toma la interconexión y la constitución recíproca de derecho y espacio como su punto central de acción. Comienza con el argumento de que el derecho, como un conjunto de prácticas, discursos y formas de conocimiento, frecuentemente ayuda a constituir el espacio.

La propiedad, puesto de forma simple, es un formalismo vacío, a menos que sea materializado en el mundo, a través de arreglos espaciales. En la tradición del *common law*[3], la propiedad parece basarse en la construcción de límites que definen al dueño y al objeto de propiedad. Debido a un contingente de circunstancias históricas, la tendencia ha sido territorializar la propiedad, a través de la producción de límites espaciales que delinean el estado de un propietario de otro. Pero esto requiere mirar a las relaciones de las redes que conectan todos los objetos, sean vecinos o en relaciones ramificadas, generando una tensión compleja e importante entre los "cortes y flujos" de las relaciones de propiedad. Esta tensión está manifestada en el límite. Los límites espaciales son particularmente eficientes y sirven como instrumentos de comunicación en la práctica legal (Blomley, 2008:3). Los límites diferencian, unifican el interior de los espacios que marcan. La forma frecuente que este significado toma, el significado que los actores sociales confieren en líneas o espacios, es un significado jurídico.

James C. Scott, politólogo y antropólogo, es experto comparativo de las sociedades agrarias y no estatales, de las políticas subalternas y del anarquismo. Scott es profesor de Ciencias Políticas en la Universidad de Yale, donde ha dirigido el Programa de Estudios Agrarios desde 1991[4]. Para Scott vivir en ausencia de estructuras estatales ha sido, en la historia, la condición humana normal. En los últimos dos mil años el hombre ha vivido prácticamente en unidades de parentesco autogobernadas que podían ocasionalmente cooperar. Para Scott el estado, tiene un estrecho marco de referencia en la definición de espacios en la naturaleza. Sostiene que ciertas formas de conocimiento y control requieren de una visión estrecha. El estado es el precio de la civilización. El vocabulario usado para organizar a la naturaleza traiciona el interés superior de sus usuarios humanos. El mundo natural, sin embargo, determinado por el uso humano, es demasiado difícil de manejar en su forma "cruda". Ningún sistema administrativo es capaz de representar cualquier comunidad social existente, excepto a través de un proceso de una heroica y muy esquematizada abstracción y simplificación (Scott, 1998:13).

3 El *common law* es la familia jurídica nacida en Inglaterra y difundida en numerosos países por el imperio británico. Numerosos rasgos la distinguen de la familia "romano-germánica", originada en el continente europeo.

4 https://en.wikipedia.org/wiki/James_C._Scott consultada en mayo 2019

Desde la perspectiva de Scott (1998) la gobernanza no sería sino otra forma de simplificación de la intervención humana sobre espacios naturales. La pregunta en todo caso sería si la gobernanza, como un marco de simplificación, contribuye a usos más equilibrados de recursos naturales y si a través de ella es posible promover la conservación. Scott (1998) y Blomley (2008, 2014) permiten, en un contexto crítico y complejo, analizar los límites de la gobernanza aplicada en ANP, en específico en parques nacionales.

Para Scott (1998:11) ciertas formas de conocimiento y control requieren un estrechamiento de la visión. La gran ventaja de esta visión de túnel es que les da un enfoque nítido a ciertos aspectos limitados de otra mucha más compleja y pesada realidad. Combinada con observaciones similares, una general, agregada, vista sinóptica de una realidad selectiva es alcanzada, haciendo posible un alto grado esquemático de conocimiento, control y manipulación.

Scott (1998:15-18) analiza por ejemplo el caso de los bosques en Europa. Sostiene que el estado europeo de la edad moderna, inclusive antes del desarrollo de la silvicultura, veía sus bosques principalmente basándose en los objetivos fiscales de la necesidad de ingresos. El bosque, como un hábitat, desapareció y fue reemplazado por un bosque como un recurso económico para ser manejado eficiente y rentablemente gracias a los avances que se obtuvieron en materia de silvicultura por diversos científicos alemanes. Estos, mediante siembras, plantaciones y talas cuidadosamente elaboradas, crearon bosques que eran más fáciles de cortar, manipular, medir y contabilizar para los silvicultores estatales. El estado tuvo la capacidad de transformar los reales, diversos y caóticos bosques en otros nuevos y más uniformes en los que se redujo inclusive el número de especies y las plantaciones se hicieron simultáneamente en líneas rectas y tramos largos. Para Scott esto fue lo más parecido a un laboratorio forestal en aquel entonces.

A corto plazo, este experimento en la simplificación radical de los bosques a un simple producto fue un rotundo éxito, para el final del siglo XIX, la ciencia forestal de Alemania era hegemónica, utilizada tanto en diversos países europeos como en Estados Unidos. Sin embargo, tomó alrededor de un siglo para que las consecuencias de convertir los bosques en un producto aparecieran. Un excepcional y complejo proceso que implica la construcción de suelos, la absorción de nutrientes, y las relaciones simbióticas entre los hongos, insectos, mamíferos y la flora fue aparentemente trastornado con consecuencias serias. La reducción que ocasionó el limpiar los bosques en la diversidad de insectos, mamíferos, y las poblaciones de aves que son esenciales para el proceso de consolidación de los suelos, ocasionaron suelos más débiles y con menos nutrientes. Además, contribuyeron a que los suelos perdieran su capacidad de resiliencia ante tormentas, sequías, frío extremo, etc. haciéndolos más vulnerables. Por tanto, la simplificación utilitaria de los bosques fue una manera efectiva de maximizar la producción de madera a corto y mediano plazo. Sin embargo, su énfasis en la productividad y los beneficios económicos, su horizonte de tiempo relativamente corto y, sobretodo, la amplia gama de consecuencias relacionadas a este proceso se volvió en su contra (Scott, 1998:19-21).

En un entorno agrario, el paisaje administrativo es cubierto con una rejilla cubierta de tierra homogénea, teniendo cada parcela una persona legal como propietaria

y como pagadora de impuestos. El artefacto utilizado para esta simplificación es el mapa catastral, que junto al registro de propiedad son a la tributación de la tierra lo que los mapas y tablas de los científicos forestales son a la explotación fiscal del bosque (Scott, 1998:36).

Otros autores como Brenner y Rosales (2015:9), defensores de la relevancia de la geografía en la gobernanza, sostienen que desde una perspectiva interdisciplinaria se analiza a la gobernanza como un proceso de organización, participación, negociación y acuerdos entre instituciones y actores en diversas escalas (local, regional, nacional e internacional) y diversos ámbitos del mundo económico-social (certificaciones, cadenas globales de producción agrícola o manufacturera o pagos por servicios ambientales) que determinan las formas y modalidades que definen un territorio en particular. Es decir, estudiamos al territorio no sólo como repositorio de la gobernanza sino como elemento constitutivo de los procesos que la configuran. El análisis de gobernanza desde la geografía se interesa en el proceso dinámico y flexible de la interrelación entre el ambiente institucional y los arreglos institucionales. El primero se constituye por estructuras formales de reglas y regulaciones que se modifican con base en los arreglos institucionales que expresan las formas particulares de negociación y resolución de los conflictos entre los grupos sociales. Tanto los procesos sociopolíticos que operan en diferentes escalas como la consideración de las formas de coordinación y regulación de las economías regionales y locales, permiten comprender que el panorama económico de un territorio es mucho más que un mercado (Brenner, Rosales Ortega, & al., 2015:10).

La lectura transversal del enfoque geográfico aporta nuevos elementos al debate de la redefinición de la escala aplicado al modelo de la gobernanza ambiental de ANP para mejorar los resultados e impactos en términos de conservación. Esta perspectiva, por lo regular, no suele ser considerada en los enfoques de la gobernanza ambiental. El integrar un enfoque geográfico a la concepción de gobernanza ambiental tiene como ventaja alcanzar mayor coordinación entre políticas de conservación de la biodiversidad a nivel regional o a nivel de unidad ambiental, una organización y mejora de procesos de concertación, mejor coordinación de estrategias y recomendaciones por parte de la sociedad civil, mayor acompañamiento de los procedimientos, mayor definición en los estándares para la conservación y en la coordinación de estrategias regionales para el desarrollo sustentable, así como la simplificación del intercambio y el uso compartido de la información existente. En este sentido integrar en un análisis conjunto del enfoque geográfico y de la gobernanza ambiental permite poner en una perspectiva ubicada espacialmente los problemas de interacción institucional y la coordinación multinivel.

LA IMPORTANCIA DE RE-ESCALAR O REINTERPRETAR LAS ÁREAS DE AMORTIGUAMIENTO EN ANP

Es común actualmente, tanto en la literatura como en nuestra vida cotidiana, interpretar los espacios ecológicos de acuerdo a escalas jurisdiccionales. Las ANP han sido justamente un ejemplo de esto a través de la historia.

La propuesta es incorporar algunos elementos de la geografía ambiental en la extensión e interpretación de la gobernanza en las áreas protegidas con el propósito de desarrollar además un marco de gestión territorial en el que concurran los tres órdenes de gobierno para impulsar la articulación de las acciones interinstitucionales e intergubernamentales para promover la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y generar conectividad social y biológica.

Si bien la propuesta de varios reconocidos investigadores de fortalecer a las ANP a través de la extensión de su territorio resulta una propuesta interesante y desafiante en términos de política pública ambiental, la cual trata un tema relevante en nuestro país que es la falta de tierras propiedad del estado, también presenta complicaciones y limitantes como la falta de recursos para la adquisición de tierras. En este caso y considerando que los recursos destinados para la conservación son tan limitados lo serían aún más para la compra de nuevas tierras. Otro punto a considerar es la posible agudización de conflictos sociales ante amenazas de expropiaciones y compras de tierras y la fragmentación del territorio frente a propietarios de las tierras, algunos a favor y otros en contra de estas adquisiciones.

Cabe recordar, además que, en México particularmente en los parques nacionales, el gobierno no ha cumplido prácticamente con la mitad del pago de indemnizaciones por expropiaciones realizadas a ejidos por lo que este tema resulta muy sensible aun en nuestros días. Al respecto Quadri (2016, p. 284) señalan que otro de los grandes rezagos derivados de la penuria presupuestaria de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) es la abdicación manifiesta en las responsabilidades del estado para cumplir compromisos adquiridos a través de procesos expropiatorios de principios y mediados del siglo pasado. En México existen 24 parques nacionales cuya utilidad pública justificó expropiación de las propiedades comprendidas dentro de las poligonales. Sin embargo, hasta el año 2009 sólo se habían pagado $190,170.25 hectáreas de un total de $344, 445.00 (lo cual requirió una inversión de $124,410,952.77 pesos).

Por tanto, son las áreas de amortiguamiento en parques nacionales particularmente, los espacios que, desde mi punto de vista, son ideales para la incorporación del enfoque de la geografía ambiental en la definición de su reinterpretación, ya que no existe ningún criterio claro, ni en lo jurídico ni en lo aplicado, en cuanto a la extensión que estás deberían tener. Al mismo tiempo las zonas de amortiguamiento son un espacio en donde los procesos de gobernanza son fundamentales para tener impacto en términos de la conservación y del desarrollo sustentable no sólo en el área a la que pertenecen sino también son un instrumento clave para el desarrollo sustentable de la región.

En México desde el año de 1996 la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define a las zonas de amortiguamiento (o de influencia) en ANP. Se definen como superficies aledañas a la poligonal de un ANP que mantienen una estrecha interacción social, económica y ecológica con ésta[5].

Como primer paso, para lograr responder de alguna forma a las inquietudes

5 Artículo tercero, fracción XIV del reglamento de la LGEEPA en materia de áreas naturales protegidas.

que nos plantea el enfoque de la geografía ambiental es que desde lo jurídico, es decir desde los artículos de la LGEEPA referentes a zonas de amortiguamiento, se proponga el re escalamiento a nivel federal de éstas zonas bajo criterios de Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad[6] .

Cuadro 1. Principales variables socioeconómicas y ambientales identificadas para la propuesta de ampliación de la zona de amortiguamiento del Parque Izta-Popo

Variables	**Criterio de valoración**
Población urbana	Núcleos de población urbana (AGEB) con impacto directo e indirecto en función de la conservación del Parque
Población rural	Núcleos de población rural con impacto directo e indirecto en función de la conservación del Parque
Marginación	Grado de marginación rural y urbana
Educación	Años de escolaridad
Población económicamente activa	Población económicamente ocupada y desocupada que habita en zonas urbanas y rurales que tienen impacto en la conservación del Parque
Unidades económicas	Información relacionada con la ubicación, la actividad económica y el tamaño de los negocios que se encuentran actualmente activos a nivel nacional
Subsidios	Recursos económicos y en especie de programas gubernamentales enfocados a poblaciones aledañas en áreas naturales protegidas
Desarrollo forestal	Índice de competitividad forestal estatal (ICOFE) Región terrestre prioritaria de bosque
Deforestación	Comparación de los valores obtenidos del NDVI (Índice Normalizado Diferencial de la Vegetación). El NDVI es un indicador del estatus de la cobertura forestal del país y muestra las áreas de posible degradación, posible deforestación y posible recuperación. Sitios de mayor tala ilegal registrados
Regiones prioritarias y proyectos de desarrollo regional y estrategias de conservación	AICA Regiones prioritarias Programas de desarrollo regional
Sitios de atención prioritaria (SAP)	Identificación de los SAP en áreas de amortiguamiento de áreas naturales protegidas

Fuente: Elaboración propia

6 Este producto fue diseñado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), CONANP, The Nature Conservancy - Programa México (TNC) y Pronatura. La cartografía representa los primeros resultados principales de la identificación de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre y fue publicado en febrero de 2008.

Esta cartografía tiene como propósito definir los sitios prioritarios en la República Mexicana para la conservación de su biodiversidad terrestre y es fundamental que estos espacios sean considerados, al menos, en las zonas de amortiguamiento. Además, este ejercicio de modificación legal deberá acompañarse de la dotación de recursos, la evaluación sistemática de programas de manejo, una coordinación adecuada entre órdenes de gobierno, así como la definición de programas que promuevan desarrollo sustentable en las zonas de amortiguamiento.

Tomando como referencia mi propuesta de reinterpretación de zona de amortiguamiento aplicada para el caso específico del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatépetl (Cedillo, 2018) es que propongo algunas variables adicionales en el ejercicio de una reinterpretación del espacio en estas áreas que pueden ser aplicables en otras ANPs:

CONCLUSIONES

El integrar un enfoque geográfico a la concepción de gobernanza ambiental tiene las siguientes ventajas explicativas: mayor coordinación entre sus políticas de conservación de la biodiversidad a nivel regional o unidad ambiental, organización y mejora de sus procesos de concertación, coordinación de estrategias y recomendaciones por parte de la sociedad civil, mayor coordinación de los procedimientos , definición de estándares para la conservación, definición y coordinación de estrategias regionales para el desarrollo sustentable y simplificación del intercambio y el uso compartido de la información existente, entre otros.

Sin embargo reconozco que el enfoque geográfico tiene aún algunos retos que enfrentar: 1) no siempre quedan claros los límites naturales, es decir, la selección de uno de los criterios ecosistémicos, por ejemplo, los límites establecidos por cuencas hidrográficas asumen erróneamente que todos los factores abióticos y bióticos están organizados de manera similar; 2) trabajos recientes de Wester & Warner (2002) sostienen que los espacios que no son jurídicos no son espacios políticos. Es decir, la redefinición de la escala implica también toma de decisiones a escalas no electas, lo cual eleva nuevos cuestionamientos sobre el empoderamiento, la responsabilidad democrática y la legitimidad. En este sentido la disputa por el territorio implica definiciones de carácter institucional en parte formales a través de instrumentos jurídicos y en parte por los acuerdos informales y normas sociales que ahí se establecen. Estas “reglas del juego” delimitan o regulan los conflictos por el territorio tanto entre autoridades y actores sociales como entre los conflictos entre estos últimos.

La conservación de la biodiversidad está sujeta a presiones políticas, económicas y sociales muy complejas. Sin embargo, es este un acercamiento que permite valorar la importancia de integrar el estudio de los ecosistemas, la definición de objetivos de conservación y la necesidad de articular una respuesta pública efectiva a través de mecanismos de decisión y participación para la gobernanza socio-ambiental.

En otras palabras, la conservación de la biodiversidad, puede ser más efectiva cuando se reconoce la magnitud de los impactos que provocan los problemas urbanos y sociales en las zonas de amortiguamiento y los integra en una visión más dinámica

de desarrollo sustentable. La respuesta que tenemos que dar como humanidad frente a los desafíos que nos presenta el último informe del IPCC sobre el cambio climático implica este tipo de análisis y reinterpretación de los espacios que son fundamentales sean efectivos para combatirlo.

FUENTES DE CONSULTA

Blomley, N. (2008) Simplification is complicated: property, nature and the rivers of law. *Environmental and Planning*, 1825 a 1842.

Blomley, N. (2014) Property, law an space. *Social Science Research Network*, 1-10.

Brenner, L., Rosales Ortega, R., & al., e. (2015) *Geografía de la gobernanza: dinámicas multiescalares de los procesos económico-ambientales.* México DF: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Cedillo, C. (2018) *Análisis de la gobernanza ambiental y multinivel aplicadas en el estudio de caso del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl y su zona de amortiguamiento.* Ciudad de México: FCPyS, UNAM.

Cohen, A., & McCarthy , J. (2015) Reviewing rescaling: strengthening the case for environmental considerations. *Progress in human geography*, 3-25.

Diputados, C. d. (1988) *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.* Ciudad de México: Congreso de la Unión.

Domínguez, E. C. (2009) *Conectividad biológica y social: zonas de influencia en las áreas naturales protegidas.* México DF: CONABIO.

Quadri, G. &. (2016) *México un Estado sin tierra: hacia una propiedad pública de la tierra en áreas naturales protegidas* . Ciudad de México: Miguel Ángel Porrúa.

Scott, J. C. (1998) *Seen Like a State.* New York: Yale University.

Steinberg, T. (1995) *Slide Mountain: Or, the Folly of Owning Nature.* University of California.

UNEP, WCMC, IUCN, & NGS. (2018) *Protected Planet Report 2018.* Cambridge UK; Gland, Switzerland; and Washington, D.C., USA.: UNEP.

UNEP-WCMC. (2006) *World Database on Protected Areas.* UNEP-WCMC.

Wester, P., & Warner, J. (2002) River basin management reconsidered. *Hydropolitics in the Developing World: a Southern African Perspective*, 61-71.

Capítulo 12

El estrés hídrico a 1.5° C en territorios costeros: el Sistema Lagunario del Río Tamesí como estudio de caso.

Rocío del Carmen Vargas Castilleja, Gerardo Sánchez Torres Esqueda, Julio Cesar Rolón Aguilar

RESUMEN

La comparación de lo que sucedería si la temperatura media aumentara medio grado o un grado más al 2100 requiere de análisis detallados dado que establecer fechas, impactos y acciones claves de mitigación y adaptación en las diferentes regiones del mundo, requiere de la participación de los actores clave de cada una de esas regiones. El tema del manejo de los recursos hídricos en áreas costeras no es sólo cuestión de políticas públicas; la participación de la sociedad es también fundamental para lograr ese objetivo. En este capítulo se analiza la situación que guarda actualmente la disponibilidad del agua en el Sistema Lagunario del Río Tamesí (SLRT), como única fuente de suministro de agua potable para la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz en México, y los impactos que pueden tener en esa disponibilidad del agua los problemas ambientales que actualmente se presentan en la zona del SLRT en combinación con los impactos del cambio climático. Se concluyó que los problemas ambientales actuales más los impactos del cambio climático, tendrán un efecto negativo en la disponibilidad del agua y en el incremento de la vulnerabilidad de la población de la zona conurbada para los próximos 15 a 20 años.

Palabras claves: gestión del agua; impactos en el agua; escenarios de cambio climático; SLRT.

ABSTRACT

The comparison of what would happen if the average temperature were to increase by half a degree or one degree by 2100 requires a detailed analysis, since establishing dates, impacts and key mitigation and adaptation measures in the world's different regions requires the participation of the key stakeholders in each of those regions. The issue of water resources management in coastal areas is not only a public policy issue; the participation of society is also fundamental to reach that goal. In this chapter, an analysis is made of the current situation of water availability in the Tamesi River Lagoon System (SLRT, from its acronym in Spanish), as the only source of drinking water for the metropolitan area of southern Tamaulipas and northern Veracruz in Mexico, and of the impacts that current environmental problems have on water availability on the SLRT region in combination with the impacts of climate change. It

was concluded that the current environmental problems, in addition to the impacts of climate change, will have a negative effect on water availability and on the increased vulnerability of the population of the metropolitan area in the next 15 to 20 years.

Key words: water management; water impact; climate change scenarios; SLRT.

EL DESBALANCE HÍDRICO EN MÉXICO.

Es prácticamente obvio afirmar que el agua es un recurso natural de vital importancia para los seres humanos y para los ecosistemas del planeta. La disponibilidad, o no, de este recurso natural determina en buena medida el grado de desarrollo social y económico de una sociedad y el tipo de ecosistema en el cual dicha sociedad se pueda desenvolver. El agua es fuente de vida y bienestar, o bien cuando falta, puede ser un tema de preocupación permanente, un asunto de seguridad nacional por todas las implicaciones ambientales, de salud pública y de producción de alimentos.

El agua dulce apta para el consumo humano y para la producción de alimentos proviene principalmente del ciclo hidrológico que se tenga en las diferentes regiones del planeta. Desafortunadamente éste no es uniforme en tiempo y espacio. Uno de los grandes retos de la humanidad es precisamente el qué hacer para satisfacer la demanda creciente de agua para consumo humano, para la producción de alimentos y para el desarrollo de diversas actividades económicas, considerando las restricciones que impone el ciclo hidrológico en la variabilidad en tiempo y espacio de la disponibilidad de agua renovable.

La CONAGUA (2018) estimó que en el 2017 el volumen medio anual de agua renovable en México fue igual a 451,585 Mm^3. La población total a mediados del 2017 se estimó en 124 millones de habitantes, por lo que, la disponibilidad media per cápita de agua en México en el 2017 fue de 3,656 m^3/hab. Este indicador se estima asumiendo una distribución uniforme del agua renovable y de la población en todo el país. Sin embargo, debido a la variabilidad en tiempo y espacio del ciclo hidrológico y a la distribución de la población en todo el territorio nacional, la disponibilidad media per cápita en México puede variar de 144 m^3/hab/año en la Región XIII Aguas del Valle de México a 18,766 m^3/hab/año en la Región XI Frontera Sur.

Otra forma de analizar el tema de disponibilidad de agua es mediante el concepto de grado de presión, o estrés hídrico, en donde éste se entiende como la relación entre el volumen anual total de agua concesionada y el volumen anual total de agua renovable. La CONAGUA (2018), aplicando los criterios internacionales establecidos para estimar el grado de presión sobre el agua en México, obtuvo los resultados mostrados en la Tabla 1 y Figura 1, donde se puede ver claramente los enormes contrastes que presenta el país en términos de disponibilidad de agua y el grado de presión que se tiene sobre el recurso hídrico. Otra conclusión importante es que en la región centro-norte de México, en donde se tiene la mayor actividad económica y con ello la mayor demanda de agua, es donde menos agua renovable se tiene. En contraste, en la región sur-sureste, en donde no se genera tanta actividad económica, es en donde se tiene la mayor cantidad de agua renovable, mientras que en la región XIII Aguas del Valle de México, debido a la excesiva concentración de la

población, es donde se tiene la situación más crítica en relación al grado de presión del recurso hídrico.

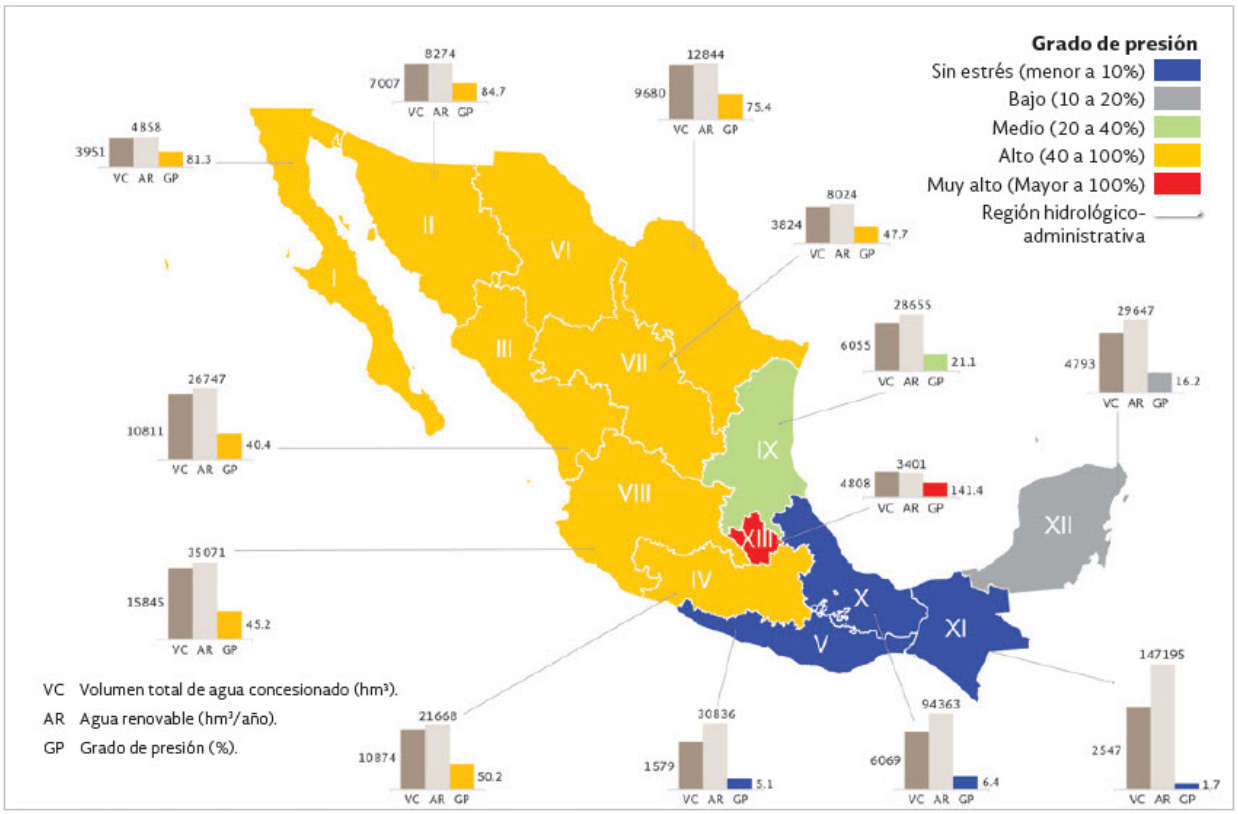
Tabla 1. Grado de presión sobre el recurso hídrico en México, 2017.

No. de RHA	Volumen total de agua concesionado 2017 (hm^3) VC	Agua renovable 2017 (hm^3/año) AR	Grado de presión (%) GP	Clasificación del grado de presión
I	3 951	4 858	81.3	Alto
II	7 007	8 274	84.7	Alto
III	10 811	26 747	40.4	Alto
IV	10 874	21 668	50.2	Alto
V	1 579	30 836	5.1	Sin estrés
VI	9 680	12 844	75.4	Alto
VII	3 824	8 024	47.7	Alto
VIII	15 845	35 071	45.2	Alto
IX	6 055	28 655	21.1	Medio
X	6 069	94 363	6.4	Sin estrés
XI	2 547	147 195	1.7	Sin estrés
XII	4 793	29 647	16.2	Bajo
XIII	4 808	3 401	141.4	Muy alto
Total	**87 842**	**451 585**	**19.5**	**Bajo**

Fuente: Elaborado con base en CONAGUA (2017b), CONAGUA (2017c).

Por otra parte, si a la variabilidad que presenta la disponibilidad de agua per cápita y el grado de presión sobre el recurso hídrico en México, se le agregan los problemas de contaminación del agua y el cambio climático, entonces la disponibilidad de agua y el grado de presión hídrica se agravan aún más. La gran mayoría de los estudios recientes sobre el tema del cambio climático concluyen que éste está teniendo un impacto directo en la disponibilidad del agua a nivel global y que los grados de incertidumbre sobre la disponibilidad del recurso hídrico se están incrementando, con las implicaciones que esto puede tener sobre la producción de alimentos, salud pública, generación de energía y desarrollo económico en general (World Water Council, 2017).

Figura 1. Grado de presión sobre el recurso hídrico en México, 2017.



Fuente: Elaborado con base en CONAGUA (2017b), CONAGUA (2017c).

Cuando estos estudios se evalúan en regiones puntuales, bajo escalas espacio-temporales más finas, incluso a nivel de cuenca en territorios costeros considerando el uso de modelos de planeación del recurso hídrico bajo escenarios de cambio climático, se observa con más detalle el grado de vulnerabilidad que estas regiones están y estarán presentando a medida que las condiciones cambiante se proyectan hacia un clima más adverso (Vargas *et al.*, 2015), repercutiendo en condiciones ambientales, físicas, sociales y económicas cada vez más sensibles, sobretodo en climas áridos (López, Manzano & Ramírez, 2018). Por lo anterior, es importante resaltar la gran dependencia que debería tener la política de la ciencia, es decir, a medida que los diseñadores de las políticas públicas consideren la ciencia del agua como parte fundamental de su estructura en materia de política climática, están serán más sólidas para enfrentar los problemas que están por venir bajo el contexto de cambio climático cuya tendencia en exponencial de no llevar a cabo acciones concretas con transparencia y linealidad. La adaptación conlleva a la resiliencia, por lo que debe ser la prioridad bajo líneas alcanzables por los actores responsables con los financiamientos disponibles, enfocándose en entender por qué existe la vulnerabilidad misma, para implementar planes que reviertan esa condición (Vázquez, 2018).

México tiene el gran reto de cumplir todas sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND´s) a las que se comprometió de manera incondicional ante la COP21, pues la incertidumbre y la tensión prospera (UNEP, 2018), a pesar de

haber actualizado la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2018), de concluir la Sexta Comunicación Nacional y el Segundo Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC (SEMARNAT, 2018) e incluso de llevar a cabo la evaluación de los avances subnacionales de la política nacional en materia de cambio climático (INECC, 2018). En ese sentido, se destaca la publicación de manera oficial de las recomendaciones hechas producto de la evaluación de la política climática, tomando en consideración la existencia de sistemas integrales, información pública, plataformas, instrumentos normativos y de planeación, entre otros elementos que han venido desarrollándose, sin embargo, la falta de transversalidad, convergencia, seguimiento, congruencia y las relaciones inexistente, permean los avances en materia de mitigación y adaptación al cambio climático (DOF, 2019). Cabe resaltar que en términos de manejo de recursos hídricos las consideraciones están ausentes, aspecto sumamente importante en materia de adaptación.

IMPACTOS EN EL AGUA POR 1.5^{0}C DE INCREMENTO DE TEMPERATURA GLOBAL

Para el 2030 se estima que el agua renovable per cápita en México alcanzará menos de 1,000 m^3/hab/año debido al crecimiento poblacional, de ahí la pertinencia de la gestión integral del agua a través de las cuencas como adaptación del sector social ante el cambio climático. Las proyecciones para las variables de temperatura y precipitación exacerbarán los recursos hídricos superficiales y subterráneos y los territorios rurales tendrán impactos importantes en términos de disponibilidad y abastecimiento de agua (IPCC, 2014).

Un aumento de medio grado de temperatura modificará los recursos costeros, pero los impactos en el agua serán menores, en contraparte, un grado más repercutirá en cambios irreversibles, es decir, se está al límite y viendo de cerca el punto de no retorno si las tendencias no detienen. Limitar el incremento de temperatura a 1.5^{0}C en comparación de 2^{0}C, generará un menor estrés hídrico en estados insulares, sin embargo, prácticas de adaptación mal planeadas, podrán repercutir en mayores efectos pasando a lo irreversible, para que esto no suceda se debe considerar la pobreza y el desarrollo sustentable de fondo (IPCC, 2018), así como movilizar el financiamiento a países en desarrollo.

De la velocidad con que se reduzcan las emisiones dependerá la llegada del daño irreversible en el que será "tarde" para actuar. Definir un año exacto depende de la variabilidad del clima y la incertidumbre de los modelos climáticos, así como de las acciones que se emprendan para reducir emisiones, considerando la lentitud con las que estas se están generando (Aengenheyster, *et al.*, 2018). La sociedad misma requiere de una transformación radical para limitar el aumento de temperatura a 1.5^{0}C, y por justicia social, Patterson, *et al.* (2018) proponen proteger a las personas vulnerables ante impactos de cambio climático para transitar hacia una sociedad equitativa.

Evitar superar la meta de 1.5°C depende de las acciones tempranas que se lleven a cabo, es decir, de los cambios abruptos que deben ya estarse llevando a cabo, mientras

que la acción tardía y el prevalecimiento de los compromisos adquiridos por los países en la COP21 sin que estos eleven sus exigencias, contribuirá a que la temperatura supere los 2^0C. En efecto, 1.5^0C es mejor que 2^0C y evidentemente, los impactos repercutirán en modificaciones importantes tanto en ecosistemas, territorios y sociedades. A 1.5^0C la inseguridad hídrica prevalecerá, a 2^0C se agudizará, áreas secas aún más secas debido al incremento de la evaporación, suena lógico, sin embargo, implica desarrollar estudios puntuales que permitan determinar con mayor certeza lo que sucederá con los escurrimientos superficiales y subterráneos con el objeto de activar los mecanismos de adaptación idóneos. Ambos escenarios requieren de grandes esfuerzos de adaptación, que podrían superar las habilidades mismas del ser humano, 2020 es la oportunidad de concretizar para intentar lograr los escenarios meta (Lescarmontier, *et al.,* 2018).

En 2017 las emisiones globales aumentaron 1.1%, después de un periodo de estabilización, esto indica que los países del G20 deberán reforzar sus medidas y compromisos para que 1.5^0C sea posible, la disparidad de las emisiones con respecto a las metas o CND´s, será reducida a menos que se apliquen con las acciones tanto condicionadas como no condicionadas al 2030. Sin embargo, esto no garantiza que la temperatura no aumente medio grado más, en todo caso las metas deberán reforzarse, pues del 2015 a la fecha, no se visualiza un progreso significativo (ONU-Medio Ambiente, 2018). Es importante señalar que las contribuciones que se hagan para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sustentable indicen directamente en la adaptación al cambio climático, sin embargo, depende de la coherencia con la que se apliquen los financiamientos a las líneas de acción correctas en 2020 para limitar el calentamiento a medio grado en 2100 con más del 50% de probabilidad (PNUMA, 2015).

Los territorios costeros serán los más expuestos asociados al incremento del nivel del mar, la intrusión salida, inundaciones y daños en los ecosistemas, en efecto, 1.5^0C será mejor que 2^0C, pues el proceso será más lento permitiendo mayores oportunidades para la adaptación mediante la restauración de ecosistemas costeros, sin embargo, la confianza de que esto pueda darse en media (IPCC, 2018) y depende de grande cambios políticos, sociales, culturales y económico-financieros. Depende del ritmo acelerado en que se generen las sinergias, negociaciones y cambios estructurales a niveles locales e internacionales para lograr limitar el calentamiento a 1.5^0C. La determinación y cooperaciones de los países desarrollados, es crucial para las regiones vulnerables, tales como las costas en países en desarrollo. El contexto de desarrollo sustentable implica considerar la acción por el clima, la cual no sólo es labor de las grandes economías, sino del sector privado, comunidades rurales, pueblos indígenas, municipios, estados, entre muchos otros entes que desde su área de aplicación abonan a la problemática mundial.

Fazey, *et al.* (2018) describen diez iniciativas para desarrollar comunidades resilientes a 1.5^0C, destacando lo indispensable de tener opciones para responder a los cambios, así como fuentes de ingresos, considerando los tensores más susceptibles, anticipándose a ellos y trabajando de manera horizontal en todos los sectores económicos y políticos que intervienen en el sostenimiento de la sociedad, donde las sinergias confluyan hacia un mismo objetivo, coadyuvando en las necesidades de cada grupo social. Por otro lado, la sociedad misma deberá tomar acción, pasando de la

noticia y la imaginación de lo que pudiera suceder en un futuro, a la acción colectiva, es decir, cambiar su patrón de comportamiento actual para transformarse y adaptarse a los cambios. Limitar a medio grado el calentamiento, favorecería en la reducción de la exposición de la población a eventos extremos de precipitación y a la ocurrencia de estos en regiones monzónicas (Zhang, 2018), estos estudios forman parte de la vulnerabilidad futura a climas extremos y hacen un llamado para ser tomados con la seriedad que merecen en el desarrollo de políticas.

Los cambios en el ciclo hidrológico y en la disponibilidad de agua, merecen ser analizados con mayor profundidad considerando escenarios de cambio climático. Los impactos a 1.5^0C comparados con 2^0C en regiones locales rodeadas de ecosistemas acuáticos, áreas naturales protegidas, humedales costeros, conurbación y población expuesta, son sitios prioritarios de adaptación, incluso ofrecen una serie de oportunidades para hacerlo. Al 2017 el planeta se ha calentado 1^0C, es de esperarse que medio grado más llegue entre 2030-2052, con un ritmo de 0.2 ^{0}C por década, no obstante, esto significa lograr cambios importantes en el uso de suelo y ecosistemas, ciudades, infraestructura, energía e industria (Bazaz, 2018).

Las ciudades costeras están conformadas por ecosistemas dulceacuícolas que proporcionan servicios ambientales y de protección incluso de eventos extremos, pero en contraparte son vulnerables, tanto por la actividad humana como por la variabilidad climática extrema que es muy contrastante en cada región, es por ello que la restauración y la adaptación basada en ecosistemas es la opción primera para generar territorios costeros resilientes a sequías e inundaciones, contribuyendo en la gestión del agua y en la mitigación de las islas de calor urbana (Bazaz, 2018).

Limitar el calentamiento a 1.5^0C necesita de un cambio de cultura política y social, la cuestión es que el tiempo cada vez es más corto para evitar afectaciones irreversibles. Las ciudades son la clave para impulsar estos cambios, pues al interior se gestan los proyectos que impulsan su propio desarrollo económico, sin embargo, es tiempo de considerar la esfera ambiental como algo que verdaderamente represente la sustentabilidad de la que tanto se ha discutido y que favorece a reducir los efectos negativos del cambio climático.

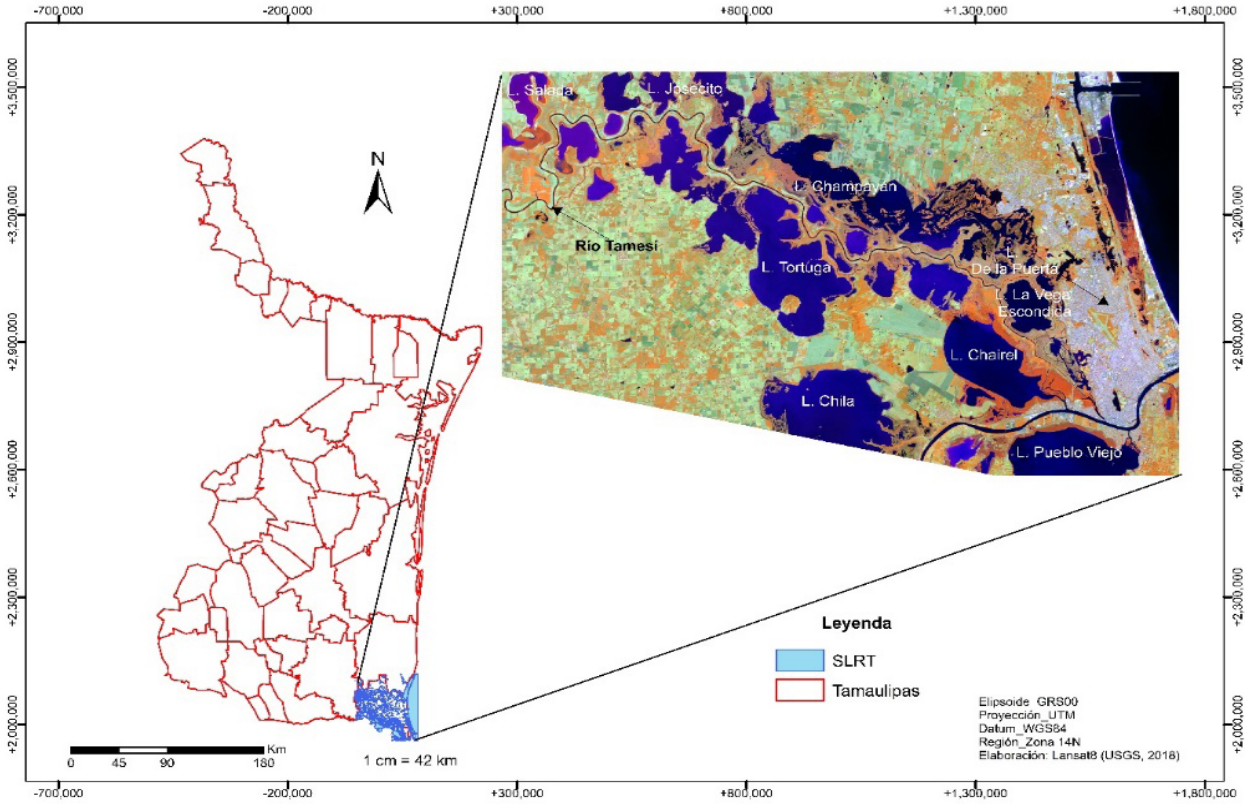
EL AUMENTO DE MEDIO GRADO DE TEMPERATURA EN EL SUR DE TAMAULIPAS

En México se tiene un buen número de zonas urbanas ubicadas en territorios costeros en donde el tema del impacto del cambio climático en el estrés hídrico, o grado de presión sobre el recurso hídrico, es fundamental para el desarrollo sustentable de esas zonas urbanas costeras, dado que dichas zonas presentan un alto grado de vulnerabilidad ante los cambios climáticos que se presentarán en el futuro cercano (15 a 20 años). Una de esas zonas costeras es la correspondiente a la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz, que comprende a las ciudades (Población al 2010) de Altamira-Miramar (212,001 habitantes), Tampico (297,554 habitantes) y Ciudad Madero (197,216 habitantes) en Tamaulipas y Tamós (3,740 habitantes), El Moralillo (9,154 habitantes) y Pueblo Viejo (55,358 habitantes) en Veracruz. Así

entonces, con base en el Censo del 2010 del INEGI, la población en la zona conurbada de Tamaulipas era de 706,771 habitantes y la población en la zona conurbada de Veracruz era de 68,252 habitantes, con una población total en toda la zona conurbada de 775,023 habitantes, por lo que la población total actual de la zona conurbada deberá estar cercana a los 900,000 habitantes.

La única fuente de suministro de agua potable para esta zona es el Sistema Lagunario del Río Tamesí (SLRT), compuesto por un conjunto de 10 lagunas someras y el canal principal del Río Tamesí. El área total del SLRT es aproximadamente de 40,000 hectáreas con un volumen total de almacenamiento de 406.6 Mm^3, como se observa en la Figura 2 y Tabla 2. Actualmente se tienen 6 plantas potabilizadoras (4 en Altamira y 2 en Tampico) que suministran agua potable a toda la población de la zona conurbada, más el suministro de agua a la refinería de PEMEX y al Puerto Industrial de Altamira. La extracción total de agua del SLRT para uso público-urbano es igual a 2.995 m^3/s, para uso industrial es igual a 2.63 m^3/s y para uso agrícola es igual a 0.114 m^3/s (Delgado, 2004; Díaz, 2016).

Figura 2. Sistema Lagunario del Río Tamesí.



El SLRT es un ecosistema que se puede clasificar como un humedal construido, dado que se creó en 1955 cuando se tomó la decisión de construir un sistema de diques que separan el agua dulce del Río Tamesí del agua salobre del Río Pánuco. Así entonces, las 10 lagunas principales que forman el SLRT corresponden a las llanuras de inundación en ambas márgenes del Río Tamesí, una vez que se embalsó el escurrimiento del Río Tamesí con la construcción del sistema de diques.

Tabla 2. Lagunas principales que conforman al Sistema Lagunario del Río Tamesí.

Laguna	Superficie (ha)	Profundidad (m)	Volumen (Mm^3)
Chairel	710	2.06	11.6
Chairel (con tule)	590	---	0
La Escondida	1,600	1.00	16
La Puerta	800	1.00	8
Champayán	14,400	1.00	144
Josecito	1,200	1.00	12
La Puente	1,200	1.00	12
Mayorazgo-Camalote	2,900	1.00	29
La Tortuga	8,400	1.00	84
Quintero	4,800	1.00	48
Salada	3,200	1.00	32
Río Tamesí	200	5.00	10
Totales:	**40,000**		**406.6**

Fuente: Delgado (2004).

Los problemas principales que enfrenta el SLRT son la sedimentación natural o exacerbada por actividades económicas en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí, reducción de los caudales de entrada e incremento de la evaporación como resultado del cambio climático, la eutrofización como proceso natural o inducido por actividades económicas, que comprende la aportación más o menos masiva de nutrientes inorgánicos (N y P) en el ecosistema acuático, contaminación del agua por descargas no controladas de aguas pluviales y residuales provenientes de la zona conurbada del sur de Tamaulipas e infraestructura hidráulica vieja y en mal estado. Estas problemáticas se han agudizado en los años recientes, especialmente el problema de la contaminación del agua en el SLRT. La infraestructura hidráulica de la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (COMAPA) se ha ido deteriorando en los últimos años y hoy es cada vez más frecuente observar en diferentes puntos de la margen izquierda del SLRT descargas no controladas de aguas residuales como resultado del deterioro de las tuberías del alcantarillado sanitario. En el año 2016 entró en operación la primera etapa de un sistema de alcantarillado pluvial que

descarga las aguas pluviales crudas de un amplio sector de la ciudad de Tampico en la Laguna del Chairel, 900 metros aguas arriba de la obra de toma de la planta potabilizadora de Altavista, que suministra agua potable a Tampico y Ciudad Madero. El problema de contaminación, que posteriormente se va a ver reflejado en la salud pública de la población, es que la planta potabilizadora de Altavista no cuenta con los procesos de potabilización suficientes como para remover todos los contaminantes que actualmente se están descargando al SLRT.

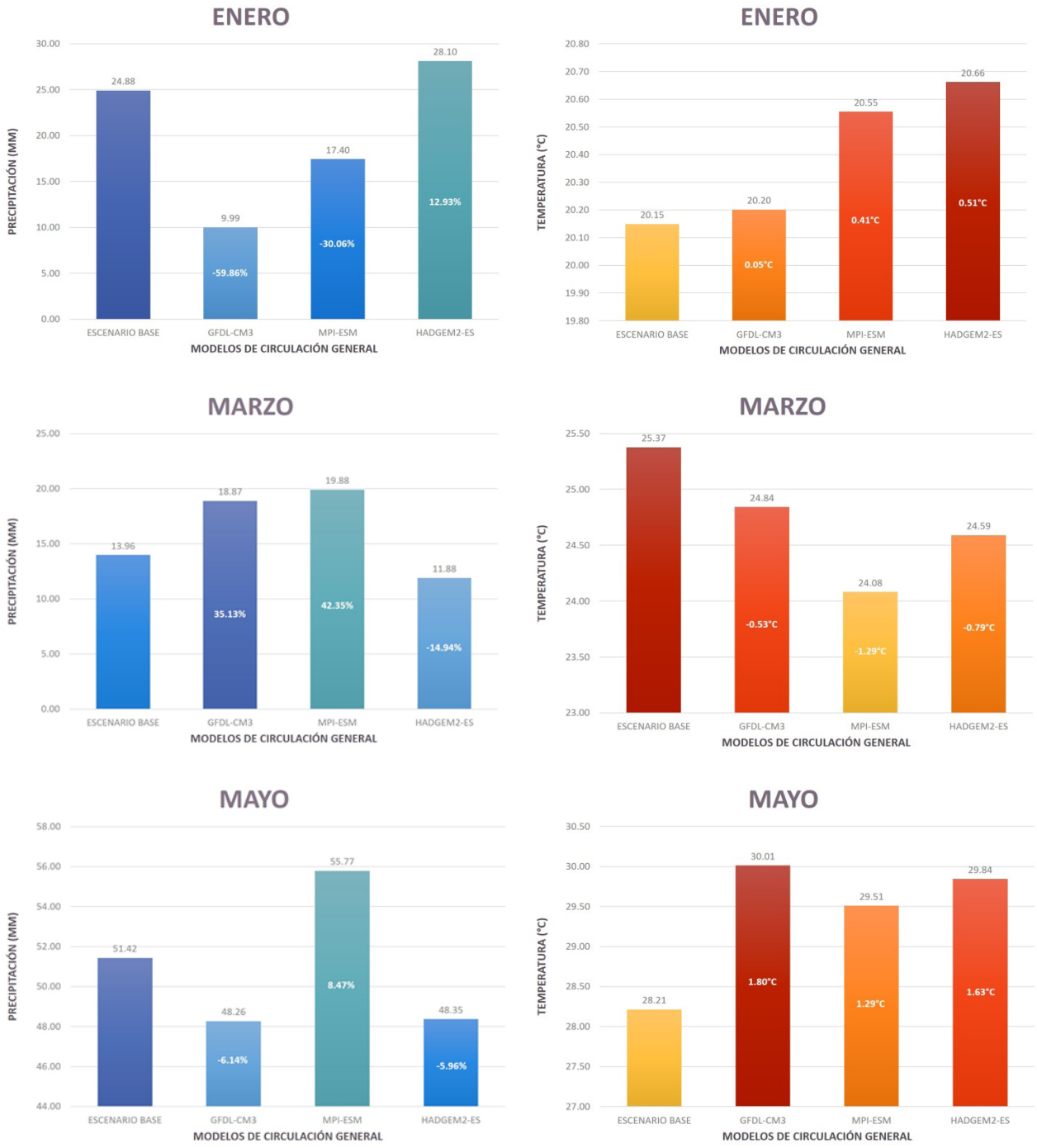
Aunado a los problemas ambientales mencionados anteriormente, se tienen también los recortes presupuestales para darle mantenimiento a toda la infraestructura de la COMAPA, a rehabilitar el sistema de diques del SLRT y a darle un tratamiento previo a las aguas pluviales que se descargan. Todo esto indica que la salud ambiental de la única fuente de suministro de agua potable para toda la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz es más probable que empeore en el futuro cercano y que si a eso se le agrega el impacto del cambio climático (menor precipitación y mayor temperatura), se presenta un panorama desalentador, altamente vulnerable para el bienestar y desarrollo económico de los 900,000 habitantes que actualmente viven en esta zona costera de México.

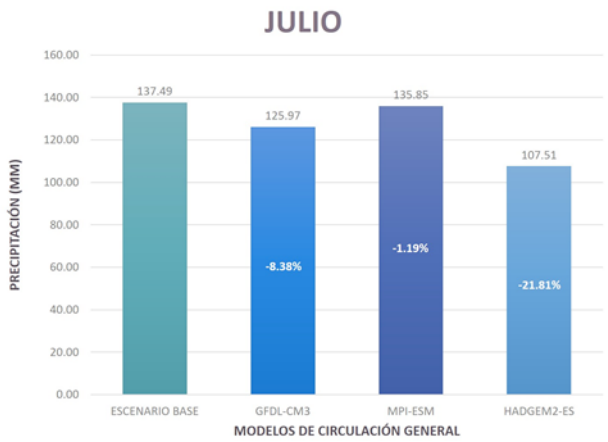
En la Figura 3 se pueden observar las proyecciones de precipitación y temperatura de tres modelos de circulación general (GFDL-CM3, MPI-ESM y HADGEM2-ES) para el escenario RCP 8.5 W/m^2 para un incremento de la temperatura media global de 1.5^{o}C y su comparación con el escenario base para del período 1950-2000 estimado por la climatología validad por Hijmans et al. (2005), para seis meses representativos del ciclo hidrológico en el Tramo 58: Río Tamesí de la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí en donde se ubica el SLRT.

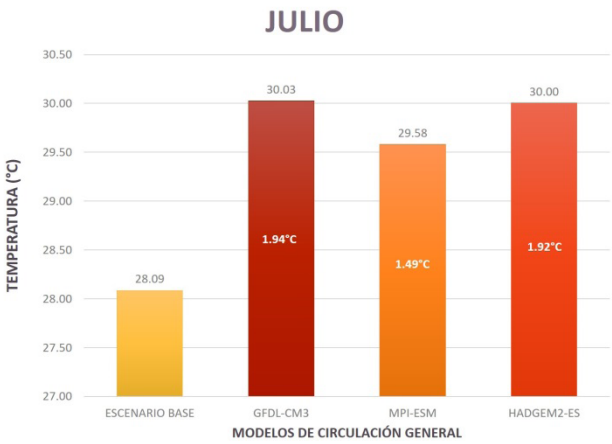
Analizando las gráficas de la Figura 3 se puede observar que las proyecciones de precipitaciones y temperaturas efectivamente indican una disminución en las precipitaciones y un incremento en las temperaturas en el área donde se localizan la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz y el SLRT. Los impactos que este cambio climático puede tener en SLRT pueden ser diversos. Por ejemplo, al presentarse menores precipitaciones, eso tendrá como efecto la reducción de los escurrimientos superficiales que entran al SLRT y al incrementarse las temperaturas, eso tendrá como efecto una mayor evaporación en los cuerpos de agua de las lagunas.

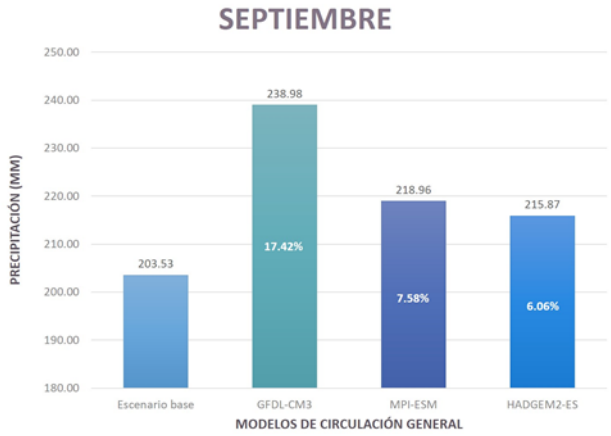
En ambos casos esto implica una reducción en el volumen de almacenamiento del SLRT. Por otra parte, si no se resuelven, o por lo menos se mitigan, los problemas de sedimentación, eutrofización, contaminación del agua y el mal estado en que se encuentra el sistema de diques, aunado a los impactos del cambio climático, todos esos problemas combinados incrementarán considerablemente las incertidumbres en la disponibilidad del agua para la zona conurbada, e incrementarán también la vulnerabilidad hídrica de la zona conurbada ante los eventos extremos (sequías e inundaciones) que también se esperan que se incrementen como resultado del cambio climático.

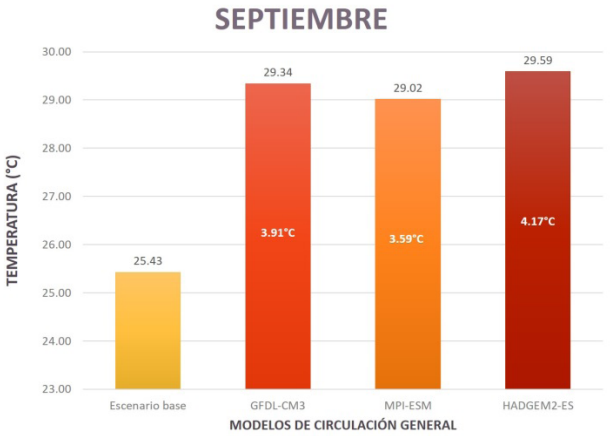
Figura 3. Proyecciones de precipitaciones y temperaturas medias mensuales para el escenario RCP8.5 W/m^2 para el tramo Río Tamesí en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí.

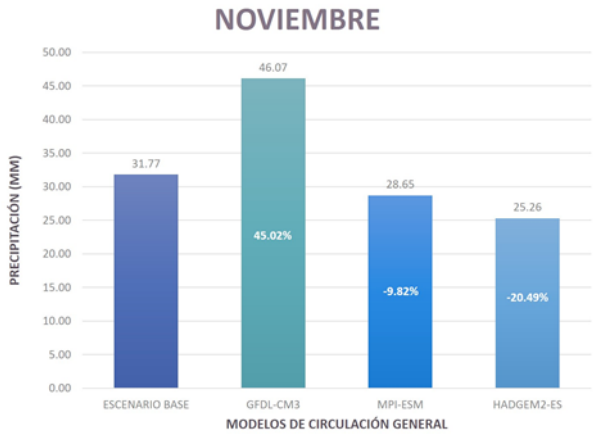


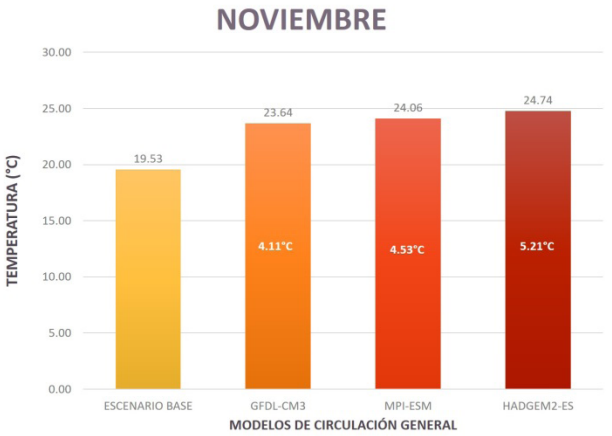












El panorama hacia el futuro no es optimista; sin embargo, si el gobierno y la sociedad logran acuerdos que permitan una gestión integral de los recursos hídricos del SLRT, en donde los procesos de toma de decisiones se establezcan a nivel local y se gestionen recursos económicos que puedan venir directamente del pago de derechos de agua de todos los usuarios del SLRT, estos se podrían aplicar en la rehabilitación

de diques y de la infraestructura de la COMAPA, en la eliminación de los problemas de contaminación, sedimentación y eutrofización, entonces la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz podrá adaptarse y ser más resiliente ante los impactos del cambio climático. Por otra parte, si esa gestión integral de los recursos hídricos no se logra en tiempo y forma, la población de toda la zona conurbada pagará las consecuencias.

CONCLUSIONES

El SLRT es la única fuente de suministro de agua potable para los sectores público-urbano, industrial y agrícola en la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz. Si bien el volumen de agua almacenado en el SLRT actualmente es suficiente para satisfacer todas las demandas de agua de la zona conurbada, los problemas de contaminación del agua, el deterioro del sistema de diques (que genera fugas considerables de agua dulce en la época de estiaje), más otros problemas ambientales que se presentan, aunados a los impactos del cambio climático, pueden poner en serios problemas la disponibilidad actual de agua y con ello incrementar el estrés hídrico en la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz. Por ello, es necesario decir que aún se tiene la oportunidad de actuar antes que los impactos sean irreversibles.

Entre las acciones que pueden implementar, identificamos que es necesraio aplicar un proceso de gestión integral de los recursos hídricos para hacer frente a los problemas actuales de tipo ambiental, de infraestructura hidráulica deteriorada y los impactos del cambio climático, para aplicar los recursos económicos que sean necesarios para el manejo sustentable del SLRT y con ello hacer de la zona conurbada del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz una zona más resiliente ante los cambios climáticos que se están presentando actualmente y que se desarrollarán en los próximos 15 a 20 años.

Los escenarios futuros en la zona, podrán agravar la situación actual; ya que las salidas de los modelos de circulación general para el Tramo 58: Río Tamesí de la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí, en donde se ubica el SLRT, indican que para el escenario RCP8.5 W/m^2 para un incremento de la temperatura media global de 1.5°C, las precipitaciones tenderán a disminuir y las temperaturas tenderán a incrementarse. En el caso de las precipitaciones, su disminución será más evidente durante la época de estiaje, y en el caso de las temperaturas, éstas se incrementarán en prácticamente todos los meses del año.

FUENTES DE CONSULTA

Aengenheyster, M., Yi Feng, Q., Van Der Ploeg, F., & Dijkstra, H. (2018) The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance. *Earth System Dynamics,9,* 1085-1095. doi:https://doi.org/10.5194/esd-9-1085-2018

Bazaz, A., *et al.* (2018) Summary for Urban Policy Makers. What the IPCC Special Report on Global Warming of 1.5^{0}C means for cities. IPCC.

CONAGUA (2018) Estadísticas del Agua en México. Edición 2018. SEMARNAT. Ciudad de México.

Delgado, J. R. (2004) Evaluación hidráulica del estuarino del Río Pánuco y Sistema Lagunario del Río Tamesí. Potencial hidráulico e intercambio de agua. Conferencia. Febrero 2004. Tampico, Tamaulipas.

Díaz, I. (2016) Problemas y retos ambientales que enfrenta la zona conurbada. Conferencia. Abril 2016. Tampico, Tamaulipas.

DOF. (2018, julio 13) Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México.

DOF. (2019, febrero 5) Resultados y recomendaciones de la evaluación estratégica del avance subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación.

Fazey, I., et al. (2018) Community resilience for a 1.5C world. Current Opinion in Environmental Sustainability, 31, 30-40. doi:https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.12.006

Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, & Jarvis A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. 25: 1965-1978. doi:10.1002/joc.1276

INECC. (2018) Evaluación Estratégica del Avance Subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Coordinación de Evaluación.

IPCC. (2014) Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis. Resumen para responsables de políticas. Intergovernamental Panel on Climate Change. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM_es.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

IPCC, (2018) Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp. Disponible en https://www.ipcc.ch/

site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Lescarmontier, L., et al. (2018) IPCC Special Report "Global Warming of 1.5^{0}C". Summary for teachers. Office for Climate Education.

López-García, T., Manzano, M., & Ramírez, A. (2017) Disponibilidad hídrica bajo escenarios de cambio climático en el Valle de Galeana, Nuevo León, México. *Tecnología y Ciencias del Agua, VIII*(1), 105-114.

ONU-Medio Ambiente (2018) Informe sobre la disparidad en las emisiones de ONU-Medio Ambiente. Resumen. Recuperado de: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26879/EGR2018_ESSP.pdf?sequence=19 Consultado: 27 de mayo de 2019

Patterson, J., Thaler, T., Hoffmann, M., Hughes, S., Oels, A., Chu, E., Jordan, A. (2018) Political feasibility of 1.5^{0}C societal transformations: the role of social justice. *Current Opinion in Enrinmental Sustainability, 31,* 1-9. doi:https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.11.002

PNUMA. (2015) Informe de 2015 sobre la disparidad en las emisiones. Nairobi, Kenya: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

SEMARNAT. (2018) Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

UNEP. (2018) Emissions Gap Report 2018. Nairobi: United Nations Environment Programme

Vargas, R., Sánchez, G., Rolón, J., Pichardo, R., Tobías, R., & Treviño, J. (2015) Disponibilidad de recursos hídricos ante escenarios de cambio climático en una cuenca costera de Tamaulipas, México. En J. Rolón, R. Cabrera, E. Rolón, R. Pichardo, R. Tobías, & J. Treviño (Eds.), *Investigaciones Actuales en Medioambiente. Tomo I (*pp. 86-100). Estados Unidos de América: Science Associated Editors L.L.C.

Vázquez, L. (2018) Climate change adaptation narratives in the Gulf of Mexico. En S. K. Chavez-Rodriguez, *A critical approach to climate change adaptation. Discourses, Policies and Practices* (págs. 192-205). London: Routledge. doi:https://doi.org/10.4324/9781315165448

World Water Council (2017) Water and Climate. Blue Book. 2017 Edition. Ministry Delegate in charge of Water, Kingdom of Morocco and World Water Council.

Zhang, W., Zhou, T., Zou, L., Zhang, L., & Chen, X. (2018) Reduced exposure to extreme precipitation from 0.5^{0}C less warming in global land monsoon regions. Nature Communications, 9(3153), 1-8. DOI:10.1038/s41467-018-05633-3

Capítulo 13

Limitando el calentamiento global a 1.5ºC y sus beneficios en la disponibilidad del agua: la necesidad de una reflexión a nivel local

Fabiola S. Sosa-Rodríguez

RESUMEN

El cambio climático es uno de los retos más grande que enfrenta la humanidad, cuyos impactos serán no sólo catastróficos sino irreversibles de no limitar el calentamiento global a menos de 2ºC, siendo deseable lograr el objetivo de evitar un incremento en la temperatura promedio global que supere los 1.5ºC. Para lo cual será indispensable incrementar la ambición de los países tanto en materia de mitigación como de adaptación. Sin embargo, los impactos del cambio climático y las estrategias que se realicen para promover la mitigación y fortalecer las capacidades de adaptación requieren tener en cuenta el contexto local en aras de que éstas sean exitosas. En este sentido, este capítulo reflexiona en un primer momento sobre la situación actual del cambio climático en el mundo, identificando a los principales generadores de GEI y las tendencias actuales en materia de mitigación. En segundo lugar, analiza las contribuciones que tendría limitar el calentamiento global a 1.5°C para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas, de la población y las actividades económicas, así como de las ciudades. Asimismo, se discuten las implicaciones de los esfuerzos que se tendrían que realizar por los países para alcanzar este objetivo. Finalmente, se evalúa como limitar el calentamiento global a 1.5°C reduce los niveles de vulnerabilidad a nivel local, en particular al reducir los impactos esperados de este fenómeno en la disponibilidad del agua para los diferentes usuarios, utilizando como caso de estudio la Cuenca del Valle de México, la cual es la región identificada como la más vulnerable a los impactos del cambio climático en México, debido a las condiciones actuales de concentración demográfica y urbana, de las actividades económicas y de la acelerada pérdida de los servicios ecosistémicos resultado de los cambios de uso de suelo y de la deforestación.

Palabras clave: limitar el calentamiento global a 1.5ºC; impactos del cambio climático; Cuenca del Valle de México; agua; escenarios de disponibilidad del agua.

ABSTRACT

Climate change is one of the greatest challenges that humanity faces, whose impacts will be not only catastrophic but also irreversible if global warming is not limited to less than 2ºC, therefore it is desirable to achieve the objective of limiting global warming to

1.5ºC. To this end, it is vital to increase the level of ambition of all countries worldwide for both mitigation and adaptation. However, the impacts of climate change and the strategies carried out to promote mitigation and strengthen adaptation capacities require taking into account the local context in order to be successful. The chapter discusses the current situation of climate change, identifying the main GHG generators and the current trends in mitigation. Secondly, it analyzes the benefits of limiting global warming to 1.5 °C in terms of the reduction of vulnerability of ecosystems, the population and their economic activities, and cities. Likewise, the implications of the efforts that would have to be carried out by countries to achieve this objective are examined. Finally, it is evaluated how limiting global warming to 1.5 °C reduces the levels of vulnerability at locally, in particular, by reducing the expected impacts of climate change on the availability of water, using as a case study the Basin of Mexico. This region has been identified as the most vulnerable to this phenomenon in Mexico, due to the current conditions of demographic, urban and economic activities concentration, and the accelerated loss of ecosystem services resulting from land-use changes and deforestation.

Keywords: limiting global warming to 1.5ºC, climate change impacts, Basin of Mexico, availability of water´s scenarios.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad es el cambio climático (CC). Este fenómeno está relacionado con el calentamiento del planeta por la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI) (i.e., dióxido y óxido de carbono (CO_2 y CO), metano (CH_4), óxido nitroso (NO), y carbono negro), por la quema de combustibles fósiles en las actividades humanas, los cambios en el uso de suelo y la deforestación.

La elevada concentración de GEI ha modificado el clima, y con ello, los principales parámetros climáticos (i.e., temperatura, precipitación, viento, humedad). De continuar con una economía mundial cuyo crecimiento económico depende de la quema de combustibles fósiles, se proyecta que la temperatura media del planeta podría incrementarse entre 3.2 y 5.4ºC, con respecto a los niveles preindustriales. A pesar de los esfuerzos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de los países (NDC, por sus siglas en ingles), la humanidad no logrará limitar el calentamiento global en un nivel que no ponga en riesgo su supervivencia y la de los ecosistemas, proyectándose un incremento en la temperatura media global de hasta 3.7ºC.

Desafortunadamente, aunque el crecimiento económico se desacople de la generación de GEI, existe un efecto tendencial que estima un incremento en la temperatura media del mundo entre 0.9 y 2.3ºC (UNFCCC, 2016). Por consiguiente, a pesar de lograr que los GEI en la atmosfera se estabilicen, la humanidad enfrentará impactos del CC que serán inevitables, por lo que los esfuerzos en materia de mitigación deben complementarse con estrategias concretas para fortalecer las capacidades de adaptación. Lo anterior, debido a que ciertas regiones, en particular los trópicos y subtrópicos, se verán severamente afectadas.

En este sentido, es fundamental lograr acuerdos internacionales vinculantes que

comprometan a países (desarrollados y en vías de desarrollo) a reducir la generación de GEI, además de crear los mecanismos de financiamiento que apoyen la creación de capacidades para enfrentar al CC para los países más vulnerables.

Por lo pronto, los NDC de las naciones no representan los escenarios más eficientes en términos de costos, debido a que se espera que, en el 2030, los países destinen una parte importante de su Producto Interno Bruto (PIB) para financiar sus estrategias de mitigación y adaptación. Lo anterior, pone en evidencia la urgente necesidad de que los países incrementen sus niveles de ambición en aras de reducir los impactos esperados de este fenómeno.

En este capítulo se aborda en un primer momento la situación actual del CC en el mundo, identificando a los principales generadores de GEI y las tendencias actuales en materia de mitigación. En segundo lugar, se analizan las contribuciones que limitar el calentamiento global a 1.5°C pudiera tener en materia de reducir la pérdida de biodiversidad, limitar el aumento en el nivel del mar y disminuir los riesgos de su acidificación, moderar la ocurrencia de eventos climáticos extremos, y reducir los riesgos a la salud y materia de seguridad alimentaria. Asimismo, se reflexiona sobre los esfuerzos en materia de mitigación que alcanzar este objetivo implicaría para los países del mundo. Finalmente, se evalúa como limitar el calentamiento global a 1.5°C reduce los niveles de vulnerabilidad a nivel local, en particular al reducir los impactos esperados de este fenómeno en la disponibilidad del agua para los diferentes usuarios.

CAMBIO CLIMÁTICO: SU CONTEXTO GLOBAL

En la COP24 realizada en Katowice, Polonia, los esfuerzos estuvieron concentrados en definir las Reglas (Rule Book) que se seguirán para la implementación del Acuerdo de París, el cual entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, y pretende evitar un aumento en la temperatura media global de 2ºC, logrando un equilibrio entre fuentes y sumideros de GEI para el 2050. Este acuerdo no fue vinculante, sino que se basa en la tesis de que las Partes cumplirán sus NDC no condicionadas de manera voluntaria, y en la medida que se logre favorecer el financiamiento, también se cumplirían las NDC condicionadas. El Acuerdo de París remplazará al Protocolo de Kyoto en el 2020, revisándose los avances en materia de mitigación y adaptación cada 5 años. Al entrar en vigor, los países que lo ratificaron tendrán que esperar un mínimo de tres años para poder salirse del Acuerdo.

Uno de los avances más relevantes en el Acuerdo de París fue el reconocimiento de que los impactos del CC pueden obstaculizar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), también conocida como la Agenda 2030. Por ello, la relevancia de poner en el centro de las discusiones internacionales el combate del CC como un elemento clave para garantizar el desarrollo sustentable.

Sin embargo, limitar el calentamiento global a 2ºC se considera que pone en un alto riesgo a diversos sectores económicos y regiones del mundo, en particular a varias islas del Pacífico (i.e., las Islas Salomón en Papúa Nueva Guinea; las Maldivias en Asia; Cabo Verde en África; y Palaú, Fiji, Micronesia y Tegua en Oceanía), las cuales actualmente ya enfrentan las consecuencias del CC, al estar parte de su territorio

bajo el mar (i.e., Kiribati). Resultado de esta discusión, le fue encargado al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), que evaluará las diferencias en términos de riesgos e impactos comparando los escenarios de un incremento en la temperatura media global de 1.5ºC con respecto a 2ºC.

Los resultados de esta evaluación se detallan en el segundo apartado de este capítulo. Sin embargo, es fundamental reflexionar sobre la situación en que se encuentra el planeta en la actualidad, en aras de poner en evidencia los esfuerzos que se requieren llevar a cabo para lograr cumplir con el objetivo de limitar el calentamiento del planeta a 1.5°C, lo cual reducirá considerablemente los niveles de riesgo y vulnerabilidad que enfrenta tanto la humanidad como los diversos ecosistemas.

GEI a nivel mundial

En 2018, se emitieron alrededor de 37.1 GtonCO_2eq a nivel mundial, por lo que la concentración atmosférica de CO_2 alcanzó la cifra record de 405.5 ppm; cifra que representa un incremento de más de 145% con respecto a los niveles preindustriales. En el caso de la concentración atmosférica de CH_4, también alcanzó una cifra record de 1,850 ppb y los N_2O de 329.9 ppb; estas cifras representan un aumento con respecto a los niveles preindustriales de 257 y 122%, respectivamente. Por consiguiente, desde 1990 hasta el 2017, el forzamiento radiativo de los GEI aumentó en un 41%, siendo las emisiones de CO_2 las que representaron un 82% de este incremento (WMO, 2018).

La mayor generación de CO_2 se atribuye a la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, seguido del transporte y la industria. Entre los principales generadores de tanto de CO_2 como de GEI en general destaca China; país que contribuyó con un 29.16% del total de las emisiones. En segundo lugar, se encuentra Estados Unidos con un 15.25%, seguido de India con 6.98% y Rusia con 4.69% (Le Quéré et al., 2018). Cabe destacar que, Estados Unidos fue el país con las mayores emisiones de CO_2 *per cápita*. La Figura 1 detalla los principales emisores de CO_2 en el mundo, en la que México ocupa la posición número 14, al contribuir con un 1.34% de la producción de este contaminante.

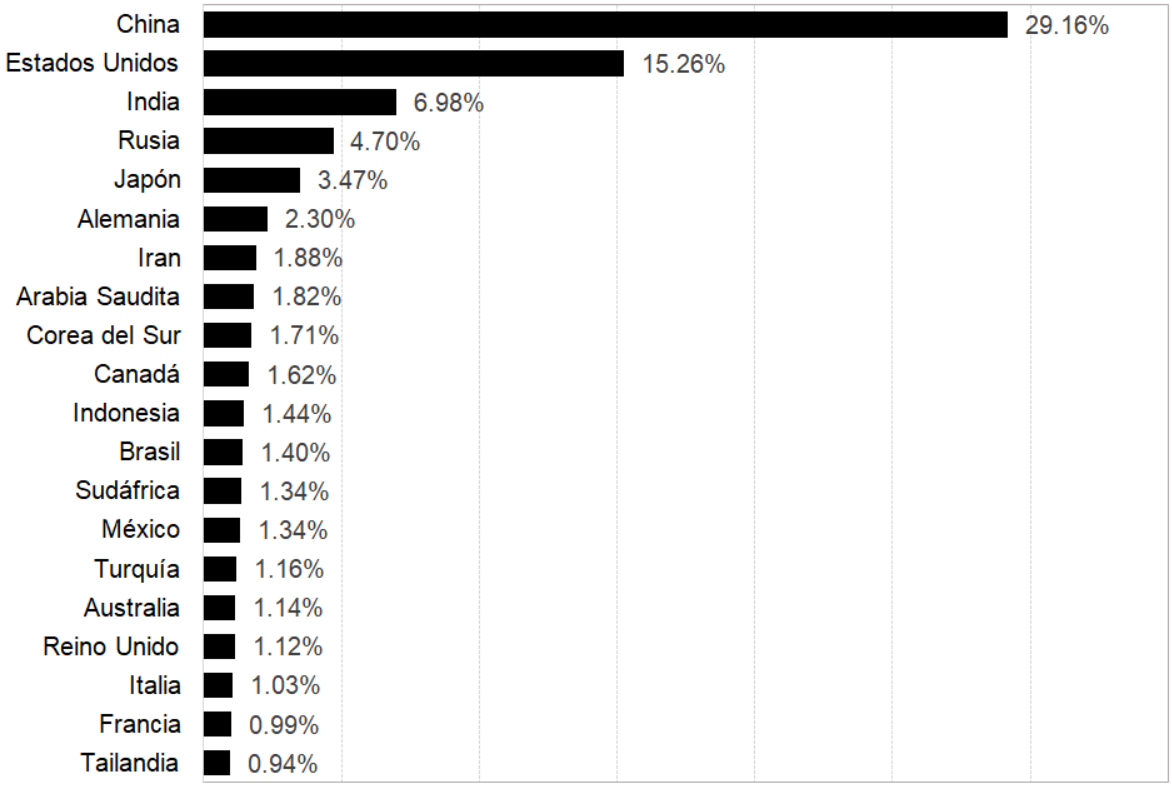
Se espera que las emisiones de CO_2 relacionadas con la producción de energía continúen aumentando, a pesar de los esfuerzos por promover el uso de energías renovables que no están basadas en la quema de combustibles de fósiles (i.e., solar, eólica, geotérmica), además de otras acciones dirigidas a reducir la concentración de GEI en la atmosfera que incluyen la reforestación, la aplicación de impuestos al carbono en las gasolinas y el fortalecimiento de los mercados de carbono.

Lo anterior, a pesar de las claras evidencias de que la temperatura promedio global ha aumentado en las últimas décadas, estimándose que desde 1961-1990 a la fecha este incremento asciende a 0.8ºC, y con respecto a los niveles preindustriales, a 1.2ºC (Morice et al., 2012). Este aumento evidencia que estamos cerca de alcanzar el límite de 1.5ºC de calentamiento global, con el cual los riesgos e impactos del CC serán considerablemente menores.

El aumento en la temperatura media global ha afectado de manera desigual a las

diferentes regiones del mundo, siendo particularmente afectado el Hemisferio Norte con un incremento en la temperatura media en esta región de hasta 1.4ºC desde el periodo industrial; en el caso del Hemisferio Sur, este registra un aumento promedio cercano a los 0.8ºC en el mismo periodo. Estas diferencias se explican en parte, por los patrones de circulación oceánica, destacando la Oscilación del Atlántico (Delworth et al., 2016).

Figura 1. Participación en la generación de CO2, 2018



Fuente: Elaborado con base en Le Quéré et al. (2018).

Emisiones por sector y por tipo de combustible

Las emisiones globales de GEI son principalmente generadas por la producción de electricidad y calor (25% del total), seguidas de la agricultura, silvicultura y cambios del uso de suelo (24% del total) y de la industria (21% del total); estos tres sectores generan 70% del total de las emisiones a nivel mundial. La producción de electricidad y calor se basa en la quema de carbón, gas natural y petróleo; mientras que las emisiones de la agricultura, silvicultura y los cambios de uso de suelo están asociados con el cultivo de cereales y vegetales, la cría de ganado y la deforestación. Cabe mencionar,

que la generación de GEI por este sector está subestimado, dado que no se toman en cuenta las emisiones producidas por la materia orgánica muerta y los suelos, y tampoco se considera el secuestro de carbono de la biomasa. En el caso de los GEI producidos por la industria, éstos se atribuyen a la quema de combustibles fósiles; a las emisiones generadas por los procesos de transformación química, metalúrgica y mineral, así como a las emisiones relacionadas con la gestión de residuos (FAO, 2014; IPCC, 2014).

El restante 30% del total de las emisiones a nivel mundial se atribuyen al transporte (14% del total), a otros usos energéticos (10% del total), y a los edificios residenciales y comerciales (6% del total). Las emisiones del sector transporte se explican principalmente por la quema de combustibles fósiles para el transporte por carretera, ferrocarril, aéreo y marítimo (i.e., petróleo, gasolina y diésel). Para las otras energías se consideran las emisiones del sector de energía que no está asociada con la producción de electricidad o calor, como es el caso de la extracción de combustibles y su procesamiento. Finalmente, en el caso de los edificios, las emisiones se relacionan con la generación de calor o los requerimientos de energía para cocinar. Sin embargo, no se consideran las emisiones derivadas del uso de electricidad en los edificios, por lo que las emisiones de este sector también se encuentran subestimadas (FAO, 2014; IPCC, 2014).

En este sentido, en la actualidad sigue predominando el uso de los combustibles fósiles para atender los requerimientos energéticos de las actividades económicas y domésticas, aunque dependiendo de la región del mundo el consumo de algunos combustibles son prioritarios, lo cual depende tanto de la disponibilidad de los combustibles como de las tecnologías con las que cuentan los países para aprovecharlos. Revertir los elevados requerimientos energéticos de los diferentes sectores y las emisiones que éstos generan es crucial para lograr limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC, como lo sugiere el IPCC para reducir los impactos del CC. Evidentemente, las tendencias actuales nos están llevando a transgredir uno de los límites del planeta más importantes con impactos a nivel global, cuyas consecuencias no sólo serán catastróficas sino irreversibles si no se logra reducir la concentración de GEI en la atmosfera que eviten un calentamiento global superior a los 2ºC.

LIMITAR EL CALENTAMIENTO GLOBAL A 1.5ºC: UN ESCENARIO MENOS VULNERABLE

El 8 de octubre de 2018, el IPCC publicó un informe sobre la relevancia de limitar el calentamiento global a 1.5ºC, debido a que los impactos del CC serán considerablemente menores que los proyectados para un incremento promedio de 2ºC, por arriba de los niveles preindustriales. Para lograr este objetivo, es indispensable realizar cambios rápidos y sin precedentes en todos los sectores, con el fin de promover una mitigación efectiva. Este reporte fue preparado a solicitud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) durante el Acuerdo de París en 2015. Los beneficios de limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC y los esfuerzos requeridos en materia de mitigación para alcanzar este fin son abordados en las siguientes secciones.

Beneficios de limitar el calentamiento a 1.5ºC

En la actualidad, el mundo enfrenta las consecuencias de un aumento promedio global de la temperatura en 1ºC; estas consecuencias incluyen eventos climáticos extremos, un aumento en el nivel del mar, la reducción de los glaciares y del permafrost, la proliferación de vectores, la reducción en el número de polinizadores, y las pérdidas en la biodiversidad, entre otros impactos. La ocurrencia de estos impactos podría reducirse considerablemente si se logra limitar el calentamiento global a 1.5ºC. Si la tendencia en la generación de GEI continúa aumentando al ritmo actual, es probable que la temperatura promedio global ascienda a 1.5ºC entre 2030 y 2052, y que para el 2100, incluso se supere los 2ºC, con impactos no solo catastróficos sino irreversibles. Lo anterior, debido a que actualmente el calentamiento global se ha estimado en 0.2ºC por década (IPCC, 2018).

Más de dos tercios de los modelos climáticos validados por el IPCC proyectan que existen diferencias significativas en los impactos que enfrentarán las diversas regiones del mundo entre un calentamiento global de 1.5ºC y de 2ºC. Estas diferencias incluyen incrementos en la temperatura media en la mayoría de las regiones terrestres y oceánicas, olas de calor, aumentos en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, así como un incremento en la intensidad y frecuencia de sequías e inundaciones en diversas regiones. Por ejemplo, los días de calor extremo en latitudes medias podrían enfrentar un aumento de hasta 3ºC si el calentamiento global se limita a 1.5ºC; pero si se limita a 2ºC, este aumento podría ser de hasta 4ºC. En el caso de las noches extremamente frías, en latitudes altas, se espera que la temperatura media global aumente en hasta 4.5ºC con 1.5ºC de aumento de a nivel global, y en hasta 6ºC si el calentamiento se limita a 2ºC (IPCC, 2018).

Para el caso de los riesgos de sequías y precipitaciones extremas, se espera que estos eventos se incrementen en diversas regiones del mundo bajo un contexto de un aumento de la temperatura de 2ºC, en comparación con uno de 1.5ªC. De igual forma, que la ocurrencia e intensidad de ciclones tropicales e inundaciones sea más alto con 2ºC de calentamiento global en contraste con 1.5ºC (IPCC, 2018).

Para el 2100, el aumento del nivel del mar en el mundo se espera sea 10 cm más bajo si se limita el calentamiento a 1.5ºC; esta reducción en el aumento del nivel del mar permitirá reducir en 10 millones el número de personas que están expuestos a los riesgos asociados a dicho aumento. Sin embargo, la pérdida irreversible de los casquetes polares podría causar un incremento de varios metros en el nivel del mar por varios cientos de miles de año, esta pérdida acelerada se potenciará entre los 1.5 y 2 ºC de incremento en la temperatura media global. Se proyecta que limitar el calentamiento global a 1.5ºC, permitirá prevenir la descongelación de un área de permafrost de entre 1.5 y 2.5 millones de km^2 (IPCC, 2018).

Otro de los impactos esperados por el aumento en el nivel del mar es el riesgo de intrusión de agua salada en los acuíferos cercanos a las costas, además de la ocurrencia de inundaciones y los daños en la infraestructura. En el caso de los arrecifes de coral, éstos disminuirán entre un 70 y 90% con un calentamiento global de 1.5ºC, aunque con un calentamiento de 2ºC prácticamente todos los arrecifes de coral se perderían (IPCC, 2018). Limitar el calentamiento global a 1.5ºC favorece también la reducción en

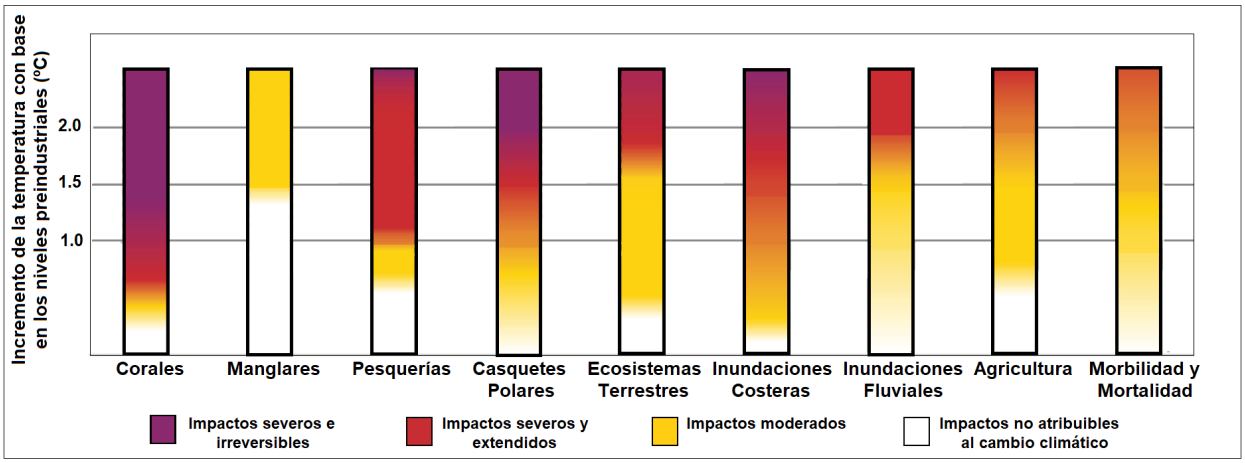
el aumento de la temperatura media del océano y su acidez, y con ello, la disminución en los riesgos de la pérdida de la biodiversidad marina y de los ecosistemas marinos y costeros. Se proyecta que los impactos del CC repercutirán en la pesca y en la acuicultura al afectar la fisiología, el hábitat, la reproducción de las especies y los riesgos de especies invasoras; las pérdidas para las pesquerías se esperan sean de 1.5 millones de toneladas con un calentamiento de 1.5ºC, en comparación con pérdidas de más de 3 millones de toneladas para un aumento de la temperatura media global de 2ºC. Por otro lado, limitar el aumento de la temperatura a 1.5ºC reducirá el riesgo de pérdida de especies terrestres en un 50%, con ello, se reducirá la pérdida de insectos en 12%, de las plantas en 8% y de los vertebrados en 4%, además de disminuir los riesgos asociados a la ocurrencia de incendios forestales y a la proliferación de especies invasoras (IPCC, 2018).

Los riesgos a la salud, la seguridad alimentaria, el suministro de agua, la seguridad humana y el crecimiento económico, serán menores con un calentamiento global de 1.5 ºC en comparación con uno de 2ºC. En particular, son más vulnerables a los impactos del CC las poblaciones desfavorecidas y las comunidades locales que dependen de las actividades primarias para su supervivencia; por lo que a medida que se incremente la temperatura media global, pasando de un calentamiento de 1.5 a 2ºC, el número de personas expuestas a los riesgos relacionados con el clima aumentará en varios cientos de millones. Por ejemplo, será menor la morbilidad y mortalidad relacionadas con las olas de calor y la contaminación del aire, así como la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores (i.e., malaria). Con respecto a la seguridad alimentaria, se estima que las afectaciones en la producción de cereales (i.e., maíz, arroz y trigo), así como en la cría de ganado será menor si se limita el calentamiento a 1.5ºC, siendo particularmente afectados el África Subsahariana, el Sureste asiático, y América Central y del Sur. Estos impactos en particular, están relacionados con la disponibilidad del agua que se destina a la agricultura y ganadería. En el caso de la población mundial expuesta a un mayor estrés hídrico debido al CC, ésta se reduce en hasta un 50% si se limita el calentamiento global a 1.5ºC (IPCC, 2018).

En este sentido, limitar el calentamiento mejora las posibilidades de adaptación, lo cual contribuirá al combate de la pobreza y a alcanzar los ODS. Asimismo, un aumento más lento del nivel del mar facilitará el fortalecimiento de las capacidades de adaptación de las islas y las zonas costeras, mejorando la gestión de los ecosistemas costeros y reforzando las infraestructuras. En general, los impactos del CC para el crecimiento económico serán considerablemente menores con un incremento de 1.5ºC que con uno de 2ºC, no sólo por las repercusiones esperadas en los diferentes sectores productivos, sino también por los costos en los que tendrán que incurrir los países para potenciar la mitigación y la adaptación. En particular, los países en los trópicos y subtrópicos serán los más afectados por el CC.

La Figura 2 pone en evidencia las reducciones en los impactos que pudiera tener en sistemas únicos y aquellos amenazados por el CC de lograr limitar el calentamiento global a 1.5ºC; entre estos impactos destacan una menor afectación de los corales, una reducción en las tasas de pérdida de los casquetes polares, una menor presión en la pérdida de los ecosistemas terrestres y costeros, una menor ocurrencia de inundaciones fluviales y costeras, menores pérdidas y presiones en la agricultura, y una reducción en la incidencia de la morbilidad y mortalidad por eventos climáticos.

Figura 2. Impactos con un calentamiento de 1.5ºC en comparación con 2ºC



Fuente: Elaborado con base en IPCC (2018).

Como respuesta a estos impactos, diversas acciones a nivel mundial se están realizando para reducir las emisiones de GEI. Sin embargo, estas acciones tienen que potenciarse para desacoplar el crecimiento económico de la quema de combustibles fósiles, favoreciendo que los países del mundo sean emisores netos cero de GEI. Para ello, es necesario que las emisiones de GEI registradas en el 2010 se reduzcan en un 45% para el 2030, logrando estabilizar la concentración de las mismas para el año 2050. Alcanzar este objetivo requerirá no sólo de mejores tecnologías para el secuestro del CO_2, sino también la realización de diversas estrategias por diferentes sectores (i.e., agrícola, industrial, energético, transporte) para reducir la generación de GEI. Lo anterior, debido a que no se puede confiar la supervivencia de la humanidad a la efectividad del uso de la tecnología, la cual, si bien ha probado tener resultados favorables, no es suficiente para lograr limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC para el 2100 (IPCC, 2018).

Mitigación de los GEI: esfuerzos para lograr una transición energética

Para limitar el calentamiento global a 1.5ºC, se estima que se requieren reducir las emisiones globales netas de CO_2 en un 45% con respecto a los niveles de 2010 para el 2030; además de ser necesario que los países sean emisores netos cero para el 2050 (IPCC, 2018). Evidentemente, lograr esta reducción en la generación de GEI exige que se realicen importantes esfuerzos que van más allá de mejorar la eficiencia energética, dado que se requiere una transición energética de fondo que permita desacoplar el crecimiento económico de la quema de combustibles de fósiles. A pesar de ello, sigue pendiente responder la pregunta de cómo lograremos en un periodo tan corto de tiempo dejar de depender de los combustibles fósiles. En la COP24 realizada en Katowice, Polonia, se discutieron los pobres resultados que los mercados de carbono habían logrado durante su periodo de implementación, poniéndose en la mesa de

discusión el uso de la energía nuclear para lograr esta transición. La decisión de qué tecnologías promover está lejos de alcanzar un acuerdo, aunque se están reflexionando las ventajas y desventajas del uso de diferentes alternativas energéticas.

Por otro lado, limitar el calentamiento del planeta a 2ºC requerirá menores esfuerzos en materia de mitigación, dado que para cumplir este objetivo es necesario, el reducir las emisiones de CO_2 en un 25% para el 2010, permitiendo en un mayor horizonte de tiempo alcanzar las emisiones netas cero en el mundo hasta el 2070. A pesar de ello, si contrastamos los costos de no limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC con respecto a los gastos que tendrán que realizar los diferentes sectores para reducir los impactos del CC, los beneficios netos totales ponen en evidencia la urgencia de limitar el calentamiento del planeta, dado que esta opción es la más eficiente. Para ello, se requiere limitar las emisiones de CH_4 y de carbono negro en más de 35% para el 2050 (con respecto a sus niveles en el 2010), además de reducir las emisiones de aerosoles en los procesos de enfriamiento de las industrias. Asimismo, es necesario limitar la producción de CH_4 y N_2O provenientes del sector agrícola, pecuario y de la gestión de residuos. Estas reducciones en las emisiones contribuirán de manera relevante a mejorar la calidad del aire, favoreciendo a mejoras en la salud.

Para alcanzar esta meta, la generación de GEI se tendría que limitar entre 420 y 580 $GtCO_2$, dado que, hasta el momento, desde el periodo preindustrial, se ha incrementado la concentración de GEI en la atmosfera en 2200±320 $GtCO_2$. Cabe mencionar, que la concentración remanente de GEI que permitiría limitar el calentamiento del planeta en 1.5ºC podría estar subestimada en hasta 100 $GtCO_2$, dado que no se considera la liberación adicional de CO_2 por la futura descongelación de los casquetes polares y del permafrost (IPCC, 2018). Adicionalmente, esta estimación del presupuesto remanente de carbono no toma en cuenta la influencia del forzamiento radiativo para la generación de CO_2. Por consiguiente, las estrategias de mitigación no sólo están dirigidas al remplazo de los combustibles fósiles, sino a una profunda reducción de los GEI por parte de otros sectores además del energético, del sector transporte y del industrial, que son los principales generadores de estas emisiones. Entre estas estrategias está el potenciar el secuestro de carbono, evitar los cambios de uso de suelo y la deforestación, y el promover el uso de fuentes de energía bajas en emisiones. En el caso particular de la generación de electricidad, se considera el uso de combustibles nucleares, los cuales remplacen la quema de combustibles fósiles, en especial el uso del carbón, así como el uso de la energía solar y eólica (IPCC, 2018).

Los enormes esfuerzos de mitigación que se requieren desplegar en las próximas dos décadas pueden enfrentar barreras tecnológicas, económicas e institucionales que se tendrán que abordar, especialmente en los países en desarrollo. En particular, es indispensable modificar las prácticas actuales de planeación urbana y territorial, que restrinjan los cambios de uso de suelo y la deforestación, y que en su lugar promuevan prácticas sostenibles del uso de la tierra, la restauración de los ecosistemas y la modificación en los patrones de alimentación. Por lo pronto, con base en las NDC de los países se estima que la generación de GEI ascenderá entre 52 y 58 $GtCO_2eq$/año hasta el año 2030, lo cual obstaculizará lograr cumplir con el objetivo de limitar el calentamiento global a 1.5ºC, incluso evitar un incremento de la temperatura por arriba de los 2ºC (IPCC, 2018). Esta situación pone en cuestionamiento el nivel de

ambición de los países con respecto a sus NDC, los cuales requieren ser revisados con el fin de que los objetivos de mitigación no condicionados de los países se incrementen, al igual que los condicionados.

Para evitar impactos catastróficos e irreversibles por el calentamiento global se requiere que las emisiones globales del CO_2 empiecen a disminuir antes del 2030 en un rango de 25 a 35 $GtCO_2eq$/año. De continuar la tendencia actual, se estima que el calentamiento global será de aproximadamente 3ºC para el 2100. Para limitar el calentamiento global a 1.5ºC se requiere una reducción de las emisiones con respecto a los niveles del 2010 de entre un 40 y 50%. Los retos para garantizar el financiamiento requerido y los desafíos en la implementación de las diversas estrategias de mitigación que se requieren llevar a cabo son enormes. Sin embargo, de ello dependerá la supervivencia de los ecosistemas y de la humanidad. Cabe mencionar, que la distribución de los impactos del CC no sólo será desigual en las diversas regiones del mundo, sino que representará un importante obstáculo para el combate de la pobreza y alcanzar los ODS, por ende, es indispensable favorecer las sinergias entre la mitigación y adaptación. En el siguiente apartado se analizará como limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC puede tener impactos muy significativos a nivel local, en particular en lo que respecta a la disponibilidad del agua.

BENEFICIOS DE LIMITAR EL CALENTAMIENTO GLOBAL A 1.5ºC A NIVEL LOCAL: CONTRIBUCIONES PARA UNA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA

México será uno de los países más afectado por el CC. Para el 2100, la temperatura podría incrementarse en promedio entre 0.5 y 4.8°C, aunque los impactos de este fenómeno se distribuirán de manera desigual en el territorio (Salinas Prieto et al., 2015). Durante el invierno, algunas zonas podrían enfrentar aumentos entre 3 y 3.5°C, incluso estos incrementos podrían ser de hasta 4.5°C, en particular en el norte del país. En el verano, se espera que las temperaturas aumenten entre 3.5 y 4.0°C, aunque diversas regiones en el centro y norte podrían enfrentar incrementos del orden de 4.5 y 5.0ºC. En el caso de la precipitación, se espera que en el invierno ésta se reduzca en promedio en 15%, y en el verano en 5%. Sin embargo, al igual que en el caso de la temperatura, algunas zonas del país podrían enfrentar una reducción en la precipitación de entre 20 y 25%, en particular en la región centro y norte del país. En el verano, el poniente de México podría verse afectado por una reducción de la precipitación de entre 35 y 50%; en ambos casos, las reducciones esperadas tendrán serias repercusiones para atender los requerimientos de agua de los diferentes sectores, lo cual podría favorecer la emergencia de conflictos para garantizar el acceso este vital recurso. En general, con base en los escenarios de CC analizados, se espera que el incremento en la temperatura y la reducción en la precipitación afecte particularmente al norte y centro del país, y que la intensidad con la que se presentan estas variaciones se intensifiquen en el largo plazo.

Por consiguiente, las intervenciones para el desarrollo de capacidades de adaptación y para hacer frente a los embates del CC deben realizarse a nivel local, teniendo en cuenta las condiciones específicas de las zonas a intervenir. En este sentido, no sólo las variaciones en la temperatura y precipitación tendrán impactos

diferenciados a nivel local en las diferentes épocas del año, lo cual requiere ser tomado en cuenta para la planeación y gestión de los recursos hídricos (Sosa-Rodríguez, 2014).

Las variaciones proyectadas tanto en la temperatura media como en la precipitación total en México, tendrán severas repercusiones en la producción agrícola y ganadera, en la conservación de los ecosistemas, en las actividades industriales, en el suministro de agua para el consumo humano, y en la salud. Por ejemplo, con un incremento de 2ºC se espera un descenso en la producción de alimentos entre un 5 y 10% de la producción actual, y con un incremento de 3ºC este descenso podría superar un 20% de la producción agrícola actual, además de afectar severamente la producción acuícola y ganadera.

En este sentido, limitar la temperatura a 1.5ºC reduciría las pérdidas económicas, humanas y en materia de biodiversidad, que el CC podría traer consigo para México. Otros impactos esperados por el CC en México incluyen un aumento en el nivel del mar, sequías e inundaciones, que a su vez afectarán la infraestructura disponible (i.e., generación de energía, extracción de hidrocarburos y para el transporte), además de favorecer la emergencia de problemas en la salud y suministro de agua. También se proyecta, que el CC afectará la conservación de los ecosistemas, reducirá la disponibilidad de agua y su calidad, además de amenazar la estabilidad económica.

Actualmente, la infraestructura existente y la disponibilidad de agua no pueden satisfacer las demandas de este recurso por parte de los diferentes usuarios, requiriéndose que enormes volúmenes sean transferidos desde cuencas hidrográficas cada vez más distantes (Sosa-Rodríguez, 2015). Haciendo más compleja esta situación, menos de un 10% del total del agua residual generadas en el país recibe tratamiento, por lo que el agua residual sin tratar es eliminada en los ríos y otros cuerpos de agua para su disposición final en el mar, contaminando los cuerpos de agua que se utilizan para este fin. Estas prácticas de gestión han incrementado la vulnerabilidad de México al CC, identificándose que la región más afectada por este fenómeno es la Cuenca del Valle de México (CVM).

Escenarios de cambio climático para la CVM

Originalmente, la CVM era una cuenca cerrada con un sistema interconectado de lagos, regulados por un gran acuífero. Durante las épocas de lluvias, el agua escurría de las serranías hacia los lagos, concentrándose en el Lago de Texcoco, que tenía la menor altitud sobre el nivel del mar. Por ende, las aguas de este lago eran salobres, dado que concentraban los sedimentos provenientes de la cuenca.

Sin embargo, resultado de distintas decisiones de gestión, se favoreció la pérdida de diversos servicios ecosistémicos, así como la concentración demográfica y económica, y la mayor dependencia a fuentes de agua cada vez más distantes (Sosa-Rodríguez, 2010). Actualmente, el equilibrio hídrico de la CVM se encuentra severamente modificado, por lo que el CC incrementará la situación de vulnerabilidad existente, al reducir la disponibilidad del agua tanto de las fuentes internas como externas a esta cuenca, aumentando los riesgos asociados a la sobreexplotación de los acuíferos de la región y a la escasez del agua.

Con el fin de analizar los potenciales impactos que el CC pudiera tener en la disponibilidad del agua en la CVM, se analizaron 24 modelos climáticos regionales (MCR) para tres horizontes de tiempo: corto plazo (2015 a 2039), mediano plazo (2045 a 2069) y largo plazo (2075 a 2099). Estos modelos fueron seleccionados por su capacidad para reproducir el clima en el pasado, presentando una menor incertidumbre para reproducir el clima en el futuro. Los MCR seleccionados fueron elaborados por cuatro centros de investigación que se detallan en la Tabla 1.

Los nuevos MCR, aprobados en el 5to Reporte del IPCC, basan sus proyecciones en 4 posibles trayectorias de concentración representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Estos escenarios toman en cuenta para las variaciones estimadas de precipitación y temperatura, las emisiones de GEI antropogénicas, representadas por medio del forzamiento radiativo (o RCP) para el año 2100, con respecto al año 1750.

En este sentido, el RCP2.6 significa que el forzamiento radiativo (FR) será de 2.6 W/m^2 y la concentración de CO_2 al 2100 alcanzará los 421ppm. Para el RCP4.5, el forzamiento radiativo es de 4.5 W/m^2, por lo que las concentraciones de CO_2 al 2100 se estiman en 538 ppm. Para el RCP6.0, se proyecta un FR de 6.0 W/m^2 con una concentración de CO_2 al 2100 de 670 ppm. Finalmente, para el RCP8.5, se estima un FR de 8.5 W/m^2 con una concentración de CO_2 al 2100 de 936 ppm. El RCP2.6 representa un escenario de mitigación; el RCP4.5 y RCP6.0 son escenarios de estabilización, y el RCP8.5 corresponde a un escenario con una elevada generación de GEI (IPCC, 2015) (Tabla 3).

En este sentido, cada RCP implica diferentes combinaciones de futuros económicos, demográficos, tecnológicos y de políticas de CC, combinados con modelos climáticos, de química de la atmósfera y del ciclo del carbono. En esta investigación los modelos climáticos seleccionados consideraron para la estimación de los escenarios dos tipos de forzamientos radiativos: el RCP4.5 y el RCP8.5. La Tabla 2 detalla las trayectorias de concentración representativas analizadas en los nuevos MCR.

Tabla 1. Modelos Climáticos Regionales

GCM	Centro de Modelación
CNRMCM5	Centro Nacional de Investigación Meteorológica, Francia
GFDK_CM3	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Estados Unidos
HADGEM2_ES	Centro Hadley para la Predicción e Investigación del Clima, Reino Unido
MPI_ESM_LR	Instituto de Meteorología Max Planck, Alemania

Fuente: Elaborado con base en IPCC (2015).

Tabla 2. Trayectorias de concentración representativas

RCP	Forzamiento radiativo (W/m^2)	Concentración de CO_2 (ppm)	Concentración de CO_2 eq* (ppm)	Tendencia al 2100
RCP2.6	2.6	421	475	Decreciente
RCP4.5	4.5	538	630	Estable
RCP6.0	6.0	670	800	Creciente (moderado)
RCP8.5	8.5	936	1313	Creciente (acelerado)

* Incluye las concentraciones de CH_4 y N_2O.

Fuente: Elaborado con base en IPCC (2015).

Tabla 3. Reducciones en la variación de la precipitación y temperatura de limitar el calentamiento global a 1.5ºC

Reducción en la variación promedio de la temperatura (ºC) para el 2100				
Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
-2.175	-0.805	-3.690	2.522	-1.035
Reducción en la variación promedio de la precipitación total acumulada (%)				
0.8725	1.00925	0.9575	0.895	0.9325

Fuente: Elaboración propia.

Escenarios de disponibilidad del agua para la CVM

Los escenarios de corto plazo (2015-2039), estiman que la temperatura en la CVM podría incrementarse en promedio en 1.34ºC anualmente, aunque podría alcanzar cifras de hasta 2.4ºC en el verano, lo cual evidentemente tendría severas repercusiones en la disponibilidad y calidad del agua. En el caso de la precipitación, está podría reducirse en promedio anualmente en -2.25%, aunque se podrían presentar reducciones en hasta un 16.45% en el verano.

Para el mediano plazo (2039-2045), las proyecciones de la temperatura reportan un posible incremento en la temperatura promedio de la cuenca del orden de los 2.67ºC, el cual podría alcanzar los 4.40ºC en el verano. La precipitación para este periodo en promedio podría reducirse anualmente en -4.31%, y en verano alcanzar una disminución de hasta -21.12%.

En el caso del largo plazo (2075-2099), los modelos estiman que la temperatura promedio anual de la cuenca podría aumentar en 3.73ºC, aunque en el verano este incremento podría alcanzar los 6.61ºC. Los impactos en la precipitación también se intensifican en este escenario, los cuales en promedio proyectan una reducción de -4.98%, pero en el verano podrían ser de hasta -25.70%.

Estos escenarios revelan que el CC podría incidir de manera muy severa para el verano, en donde se superan los límites definidos por el IPCC, tanto en la temperatura como en la precipitación, como claves para evitar impactos no sólo severos sino irreversibles en la biodiversidad, la disponibilidad y calidad del agua, en la salud, en la seguridad alimentaria, y en las diversas actividades económicas.

Con base en las variaciones esperadas tanto en la temperatura media como en la precipitación total de la cuenca, se construyeron escenarios de variación de la disponibilidad del agua en los tres horizontes de tiempo; para lo cual, fue necesario estimar el balance hídrico en cada horizonte de tiempo. El balance hídrico proporciona una estimación del agua disponible en una cuenca de estudio, y se calcula como la diferencia del agua que entra a la cuenca principalmente a través de la lluvia, menos las salidas que se explican por la transpiración de las plantas, así como la evaporación directa de los cuerpos de agua y el suelo (Bunge, 2010; DOF, 2015).

Los flujos de entrada de agua en el ciclo hidrológico comprenden las aportaciones provenientes de la precipitación, los escurrimientos de cuencas ubicadas aguas arriba y la infiltración de cuencas vecinas. Por otro lado, las salidas corresponden a todas aquellas etapas del ciclo hidrológico que implican pérdidas del agua como la evapotranspiración, la infiltración, y también se pueden considerar los cambios en el almacenamiento.

Cabe mencionar, que en esta investigación para la estimación del balance del agua utilizó lo estipulado en la NOM011-CONAGUA-2015, en particular para lo que refiere a la recarga de los acuíferos y los escurrimientos. En el caso de la evaporación se analizaron varios métodos (i.e., Priestley-Taylor, Blaney-Criddle–FAO, Turc, Thornthwaite y Coutange), siendo los resultados del método propuesto por Coutange los que menos incertidumbre presentaron.

Los resultados obtenidos evidencian que los escenarios de disponibilidad del agua prevén una reducción en el volumen de agua disponible de -10.67%, el cual podría alcanzar hasta -33.76% para el corto plazo (2015-2039). En el mediano plazo (2045-2069), la disminución en la disponibilidad del agua en la CVM podría ser de -18.73%, aunque se esperaría que alcance un valor de -34.24%. Finalmente, en el escenario de largo plazo, la reducción promedio en la disponibilidad del agua podría ser oscilar en el rango de -23.93%, y de hasta -42.72%.

En cualquiera de los escenarios, reducciones de esta magnitud tendrían severas repercusiones en la asignación del agua, e incrementaría la competencia entre los diferentes usuarios para garantizar su acceso. Desafortunadamente, todavía los impactos del CC en los recursos hídricos es un tema que no se ha incorporado en la planeación y gestión del agua, lo cual pone en evidencia los elevados niveles de vulnerabilidad de la región. Las Figuras 3, 4 y 5 comprenden los escenarios de la disponibilidad del agua en la CVM para el corto, mediano y largo plazo.

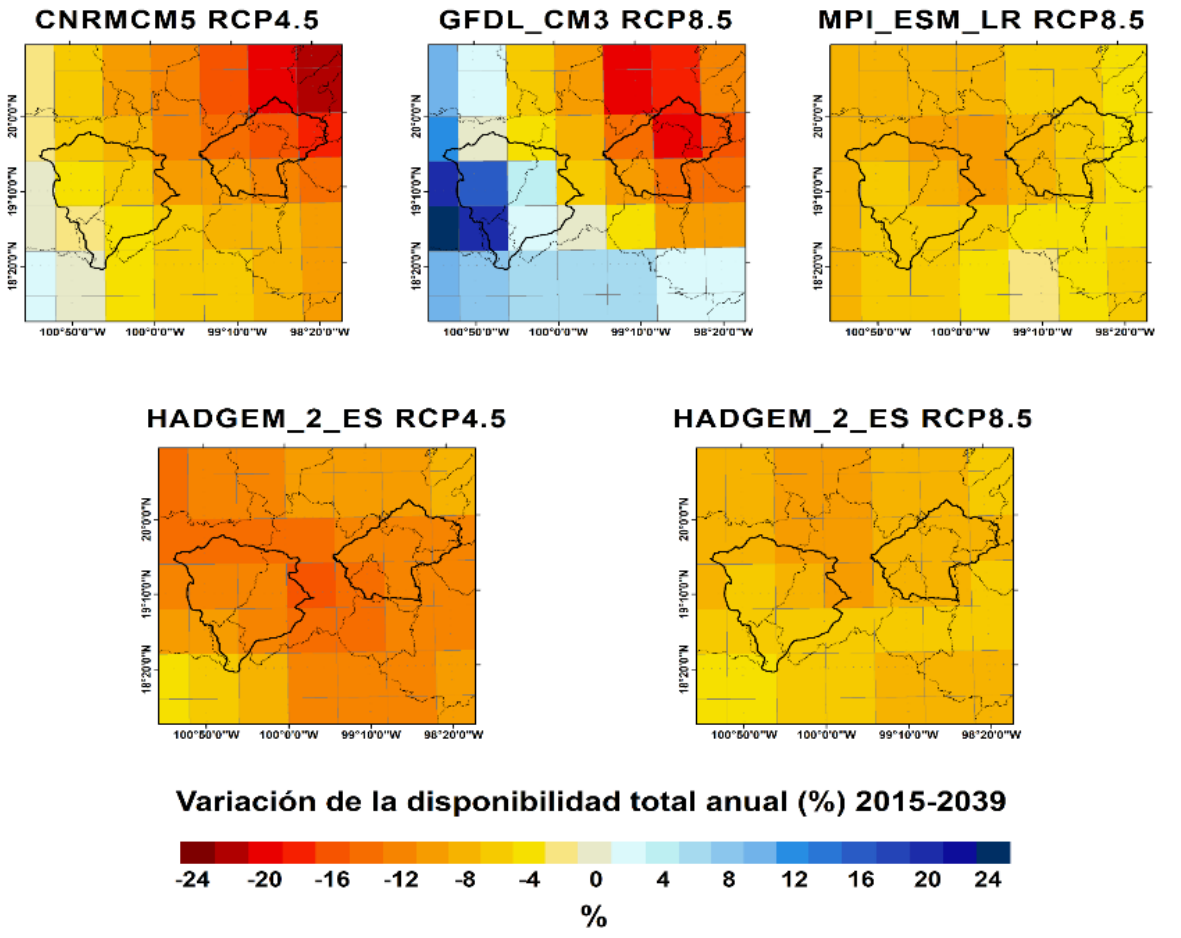
Limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC, tendría importantes beneficios para reducir las variaciones esperadas tanto en la temperatura como en la precipitación a nivel local, que es donde los impactos del CC se materializan. Lo anterior, también se espera para el caso de la CVM y los impactos que este fenómeno pudiera tener en la disponibilidad del agua.

De limitar el calentamiento global a 1.5ºC, los incrementos en la temperatura podrían reducirse entre 0.46 y 1.37ºC, por lo que los aumentos esperados promedio en la CVM podrían encontrarse en un rango de entre 1.39 y 2.79ºC.

Para el 2100, la reducción en la precipitación en la CVM podría ser menor entre 1.035 y 3.99%, encontrándose en un rango de entre -3.10 a 11.97%. En ambos casos, esto representará importantes beneficios en materia de disponibilidad, calidad y prevención de conflictos por garantizar el acceso al agua (Tabla 3).

La reducción en la disponibilidad del agua será menor de limitarse el calentamiento global a 1.5ºC, esperándose una variación menor entre 8.44 y 10.68%, con lo que la reducción en la disponibilidad del agua para el 2100 se proyecta entre -17.94 y -25.32%, por lo que la presión para identificar estrategias alternativas para garantizar el acceso al agua será considerablemente menor, así como los niveles de vulnerabilidad para proporcionar los requerimientos mínimos de agua que permitan mantener la calidad de vida de la población de la región.

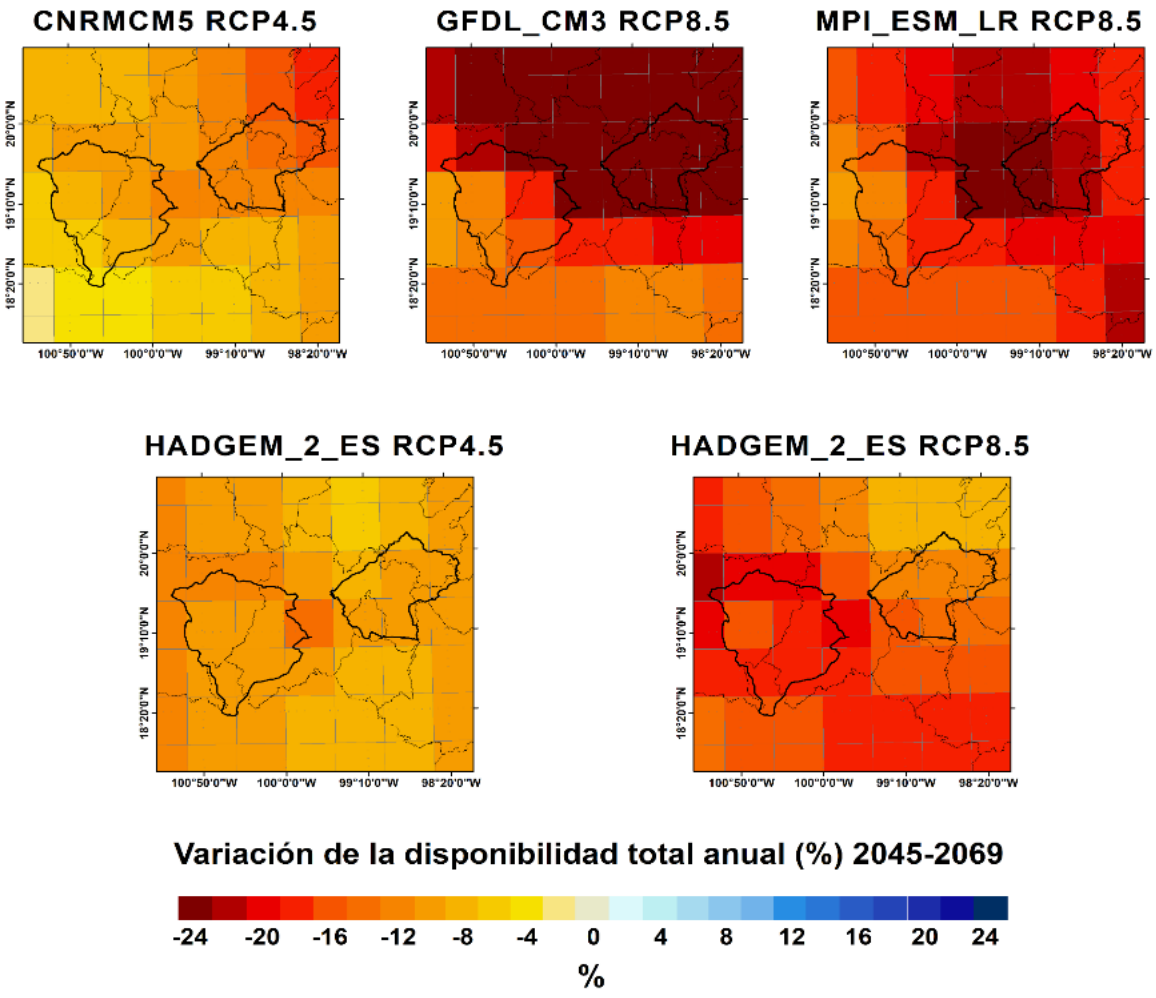
Figura 3. Escenario de disponibilidad del agua en la CVM para el corto plazo (2015-2039)



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los escenarios de disponibilidad reveló que existen altas probabilidades de que la CVM se vea severamente afectada por los impactos del CC en la temperatura y precipitación, como resultado de los impactos negativos que este fenómeno podría tener en diversos sectores como la agricultura, la ganadería, la acuicultura, el sector forestal, el sector industrial y servicios, así como el bienestar humano, entre otros.

Figura 4. Escenario de disponibilidad del agua en la CVM para el mediano plazo (2045-2069)

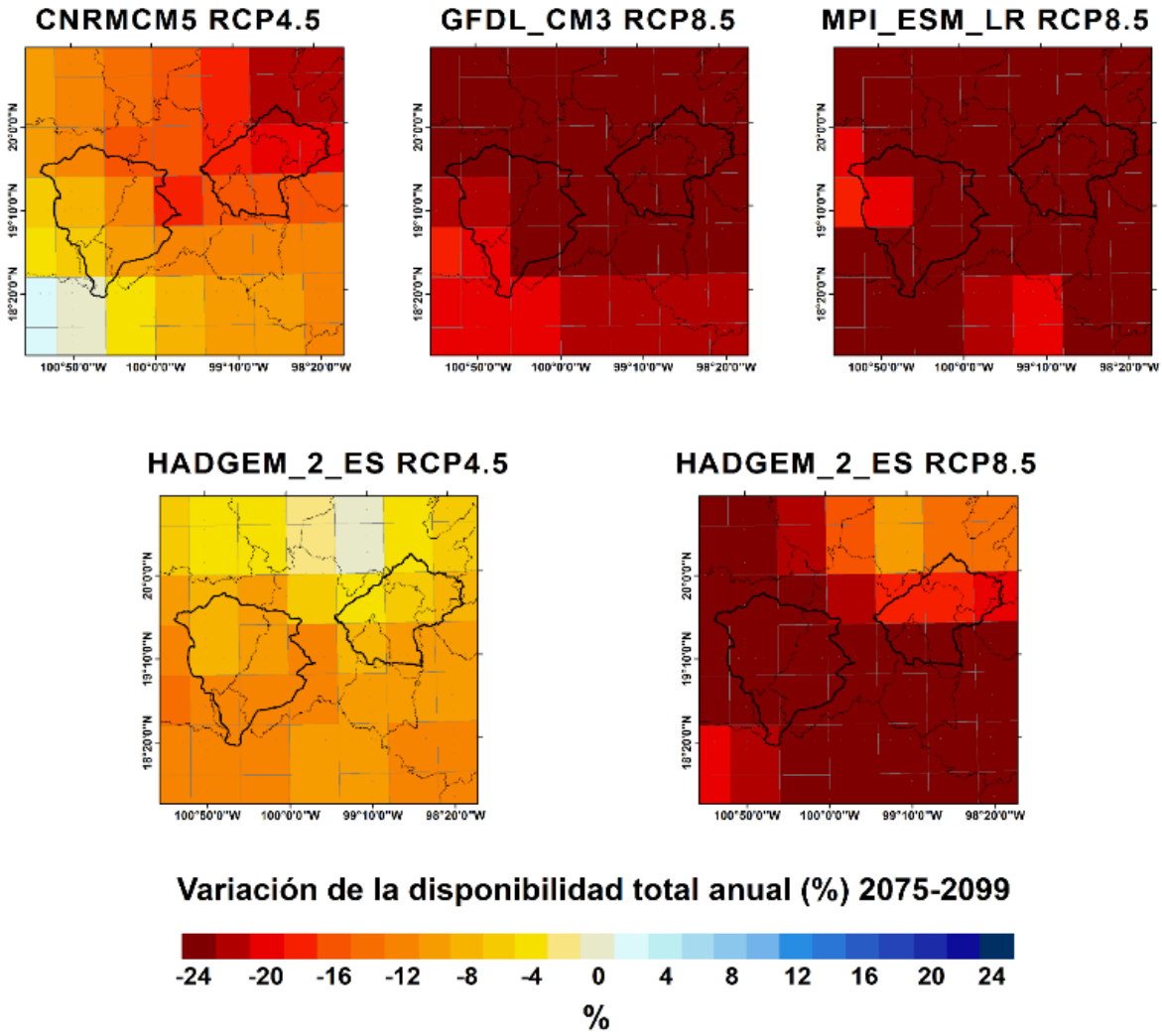


Fuente: Elaboración propia.

Estos impactos pueden poner en riesgo la estabilidad económica de los sectores y el propio desarrollo económico de la región. Por consiguiente, dada la incertidumbre actual sobre los efectos en los distintos escenarios, es importante la colaboración con los distintos sectores para desarrollar las capacidades que permitan enfrentar de la manera más efectiva los retos del CC.

Sin embargo, es importante destacar que limitar el calentamiento de la temperatura a 1.5ºC reducirá de manera considerable la vulnerabilidad de la región ante el CC, de ahí que sea tan relevante que los esfuerzos de los países del mundo se comprometan a realizar las estrategias de mitigación que se requieren para alcanzar este objetivo.

Figura 5. Escenario de disponibilidad del agua en la CVM para el largo plazo (2075-2099)



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Promover sinergias entre la mitigación y adaptación es crucial para limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC con respecto a los niveles de temperatura en el periodo preindustrial. Sin embargo, esto requerirá de importantes esfuerzos en materia de mitigación que obliga a los países del mundo a incrementar sus niveles de ambición tanto de sus metas condicionadas como a las no condicionadas. Enfrentar los impactos del CC de manera oportuna será un requisito fundamental para lograr alcanzar los ODS, siendo una precondición para erradicar la pobreza.

Evidentemente, los esfuerzos no pueden reducirse solamente a aspectos técnicos exclusivamente, dado que la implementación de tecnologías en los diferentes sectores y los nuevos enfoques de planeación del territorio y del propio ordenamiento territorial dependen de nuevos esquemas de gobernanza y del desarrollo de las capacidades institucionales que creen las condiciones para reducir tanto la vulnerabilidad como la generación de GEI en las magnitudes requeridas (entre 40 y 50% con respecto al 2010). Para ello, será indispensable promover la innovación y la transferencia de tecnología, garantizar el financiamiento para impulsar tanto las metas condicionadas como las no condicionadas, además de modificar los patrones de consumo y los estilos de vida hacia enfoques más sustentables. En este sentido, limitar el calentamiento del planeta a 1.5ºC requiere la participación y compromiso de todos los sectores económicos y de la población.

Independientemente de lograr este objetivo, se requiere reconocer que los impactos del CC se sentirán a nivel local, y es en este nivel en donde se tienen que potenciar las capacidades de adaptación y mitigación. Por ello, la política del CC a nivel nacional, estatal y local, debe estar alineada con la política orientada a favorecer el desarrollo, dado que son complementarias y favorecen la conformación de ciudades y comunidades resilientes.

En particular, en el caso del impacto del CC en la disponibilidad del agua de la CVM podría provocar que ésta disminuya en cerca de la mitad, lo cual tendrá severas repercusiones económicas, ambientales y sociales que pondrían en riesgo la viabilidad del funcionamiento de las ciudades de la región, incluida la Ciudad de México, así como en la preservación de la biodiversidad. Limitar el calentamiento global en 1.5ºC reducirá considerablemente estos impactos. Sin embargo, independiente de la magnitud de los impactos, se espera que éstos repercutan en todos los sectores económicos resultado de una menor disponibilidad y calidad del agua, además de favorecer la ocurrencia de más frecuentes e intensas inundaciones y sequías, que generarán mayores conflictos entre los usuarios para garantizar el acceso a este vital recurso.

Esta situación pone en evidencia la urgente necesidad de reflexionar sobre las nuevas formas en que la gestión del agua se tendría que estar llevando a cabo, en donde el CC debe ser una prioridad a considerar en la planeación y el manejo de este recurso estratégico, por lo que es indispensable modernizar y tecnificar las unidades y distritos de riego, además de evaluar y reajustar las temporadas de siembra y cosecha, dado que este sector no sólo en la CVM sino en todo el país, es el principal consumidor de agua (70% del volumen total disponible). Asimismo, la conservación de los ecosistemas (i.e., bosques), jugará un rol central al ser una de las principales

fuentes de abastecimiento. Por su parte, el sector industrial comercial y servicios, así como los usuarios domésticos, tendrán que reflexionar cómo hacer un uso más eficiente de este recurso y favorecer el aprovechamiento del agua de lluvia y del agua residual tratada, de manera que se fortalezcan las capacidades de adaptación ante un recurso más escaso. Finalmente, es indispensable fortalecer a los Consejos de Cuenca incluyendo la colaboración de las autoridades gubernamentales a nivel federal, estatal y local responsables de la gestión del agua y aquellas que están vinculadas a este recurso, con el fin de promover la adaptación al CC.

Agradecimientos

El autor agradece el apoyo brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para financiar la investigación realizada como parte del proyecto 221460, de la Convocatoria de Ciencia Básica (CB2013), por medio del cual se avanzó en el conocimiento y comprensión de los impactos del CC en la disponibilidad del agua en la Cuenca del Valle de México.

FUENTES DE CONSULTA

Bunge, V. (2010) La Disponibilidad Natural de Agua en las Cuencas de México. *Las Cuencas Hidrográficas de México: La Disponibilidad Natural del Agua*. México: CONAGUA.

Delworth, T.L., Zeng, F., Vecchi, G.A., Yang, X., Zhang, L., Zhang, R. (2016) The North Atlantic Oscillation as a driver of rapid climate change in the Northern Hemisphere. *Nature Geoscience*, 9(7), 509-512.

DOF (2015) *NOM-011-CONAGUA-2015*. México, CDMX: Gobierno Federal.

FAO (2014) *Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks*. Rome: FAO, Climate, Energy and Tenure Division.

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC.

IPCC (2018) *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* Geneva, Switzerland: WMO, IPCC.

Le Quéré, C., Andrew, R.M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Hauck, J., Pongratz, J., Pickers, P.A., Korsbakken, J.I., Peters, G.P., Canadell, J.C., Arneth, A., Arora, V.K., Barbero, L., Bastos, A., Bopp, L., Chevallier, F., Chini, L.P., Ciais, P., Doney, S.C., Gkritzalis, T., Goll, D.S., Harris, I., Haverd, V., Hoffman, F.M., Hoppema, M., Houghton, R.A., Hurtt, G., Ilyina, T., Jain, A.K., Johannessen, T., Jones,

C.D., Kato, E., Keeling, R.F., Goldewijk, K.K., Landschützer, P., Lefèvre, N., Lienert, S., Liu, Z., Lombardozzi, D., Metz, N., Munro, D.R., Nabel, J.E.M.S, Nakaoka, S., Neill, C., Olsen, A., Ono, T., Patra, P., Peregon, A., Peters, W., Peylin, P., Pfeil, B., Pierrot, D., Poulter, B., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rocher, M., Rödenbeck, C., Schuster, U., Schwinger, J., Séférian, R., Skjelvan, I., Steinhoff, T., Sutton, A., Tans, P.P., Tian, H., Tilbrook, B., Tubiello, F., van der Laan-Luijkx, I.T., van der Werf, G.R., Viovy, N., Walker, A.P., Wiltshire, A.J., Wright, R., Zaehle, S., Zheng, B. (2018) Global Carbon Budget 2018. *Earth Syst. Sci. Data*, 10 (2018), 2141–2194. Doi: 10.5194/essd-10-2141-2018.

Morice, C.P., Kennedy,J.J., Rayner, N.A., Jones, P.D. (2012) Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset, *J. Geophys. Res.,* 117 (2012), D08101. doi: 10.1029/2011JD017187.

Salinas Prieto, J.A., Colorado Ruíz, G., Maya Magaña, M.E. (2015) Capítulo 2. Escenarios de cambio climático para México. En: Arreguín Cortés, F.I., López Pérez, M., Rodríguez López, O., Montero Martínez, M.J. (Coord.). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático* (pp. 41-71). México: IMTA.

Sosa-Rodríguez FS (2015) La política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. *Revista Internacional de Estadística y Geografía: Realidad, Datos y Espacio.* INEGI, 6 (2), 4-23.

Sosa-Rodríguez, F.S. (2013) From Federal to City Mitigation and Adaptation: Climate Change Policy in Mexico City. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* Journal, 19 (2013), 969-996. doi: 10.1007/s11027-013-9455-1

UNFCCC (2016) Climate Action Now. Summary for Policy Makers. Geneva: UNFCCC.

WMO (2018) *WMO Greenhouse Gas Bulletin*. Geneva: WMO.

Capítulo 14

Retos y desafíos del cambio climático en el siglo XXI: una perspectiva biocultural y de gobernanza.

Benjamín Ortiz Espejel y Guadalupe Azuara García.

RESUMEN

El presente capítulo plantear el reto del diseño de políticas públicas y de la gobernanza ante el cambio climático, desde la perspectiva de la bioculturalidad (Toledo, 2001; Boege, 2008; Toledo y Barrera-Bassols, 2008; Toledo y Ortiz-Espejel, 2014; Luque, et al. 2016; Toledo y Barrera, 2017), esto es, desde el reconocimiento de los derechos, saberes y prácticas de los pueblos originarios y campesinos de México, quienes en diversas formas, han mantenido por largo tiempo un contacto directo en convivencia y apropiación sustentable de los ecosistemas. Esto implica una profunda sabiduría en la observación de los ciclos de la naturaleza, el clima incluido, que constituye un reservorio de prácticas y estrategias ignoradas o poco valoradas. Así mismo, está documentada la relevancia que tienen los territorios indígenas en materia de seguridad hídrica, biológica, alimentaria y climática (Boege, 2008, Luque, et al. 2016). Importa señalar que, paradójicamente, este sector social, debido a su estado de marginación socio-económica generalizado a nivel nacional, ha sido clasificado como el sector de mayor vulnerabilidad climática.

Palabras clave: Biocultura, gobernanza, cambio climático.

ABSTRACT

This chapter proposes to raise the challenge of the design of public policies and governance to climate change, from the perspective of the bioculturalidad (Toledo, 2001; Boege, 2008; Toledo and Barrera-Bassols, 2008; Toledo and Ortiz-Espejel, 2014; Luque, et to the. 2016; Toledo and barrier, 2017), in other words, from the recognition of rights, knowledge and practices of indigenous peoples and peasants of Mexico, who in various ways, have maintained long direct contact in coexistence and sustainable appropriation of ecosystems. This implies a deep wisdom in the observation of the cycles of nature, including climate, which is a reservoir of practices and strategies ignored or despised. Likewise, the relevance that have indigenous territories water, biological, food and climate security is documented (Boege, 2008, Luque, et al 2016). Matter noted that, paradoxically, this social sector, due to its state of socio-economic marginalization generalized at the national level, has been classified as most climate vulnerable sector.

Key words: Biocultura, governance and climate change

INTRODUCCIÓN

El reciente reporte especial del Panel Intergubernamental de Cambio Climático publicado el 8 de octubre de 2018 señala, escenarios de impacto menores si se logra estabilizar la temperatura en 1.5°C. Sin embargo ello no exenta de impactos negativos. Se estima que el planeta estaría llegando al 1.5°C a más tardar en el año 2040, por lo cual urge implementar un conjunto de políticas y estrategias para enfrentar este escenario. Ante los riesgos y desafíos que representa el cambio climático pare el planeta y para México en específico, en este capítulo se propone ofrecer los elementos de gestión de esta vulnerabilidad desde un esquema de articulación de esfuerzos entre saberes tradicionales de diferentes actores sociales e institucionales. En este sentido se plantea la tesis, sobre la base de una extensa documentación de investigaciones de carácter etnoecológico, etnoclimatológico y biocultural (Reporte Red Patrimonio Biocultural CONACYT, 2017), de que son los pueblos campesinos e indígenas del mundo y de México en específico, en su milenaria interacción con los ecosistemas los actores clave que poseen un acervo de conocimientos y estrategias para enfrentar junto con los conocimientos científicos los escenarios de cambio climático en el siglo XXI. Asimismo, en los últimos 5 años ha sido documentado que, la observación local sobre el cambio climático es una eficiente estrategia de monitoreo sobre el impacto socio-económico (Luque, et al. 2016).

Por lo anterior, el presente capítulo se plantea como objetivo avanzar en una propuesta hacia una estrategia de gobernanza climática nacional con énfasis para las regiones bioculturales, a partir del registro de experiencias y estrategias regionales, que desde el saber biocultural, aporten elementos para diseñar y llevar a cabo políticas de desarrollo regional que consideren, tanto información sobre escenarios de riesgo climático 2020 -2039 a nivel municipal en México, como una caracterización de estrategias regionales de gobernanza, mitigación y adaptación ante el cambio climático. Los temas sobre gobernanza climática, diversidad genética de maíces, estrategias agroecológicas y seguridad hídrica, serán destacados como elementos cruciales en la presente propuesta.

En México el discurso oficial sobre mitigación climática se fundamenta en postulados estrictamente financieros y de economía especulativa, lo que genera, paradójicamente, una mayor vulnerabilidad ante el cambio climático. A pesar de que la promoción de fuentes alternativas de energía apuntaría hacia una mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la verdadera situación es que dada la estructura política y económica excluyente (empresas extranjeras generadoras de energía) del país, la incorporación de las energías renovables en el sistema energético mexicano, se ha caracterizado por una contribución marginal en la reducción de emisiones y no han ofrecido resultados significativos (Rodríguez-Velázquez, 2017).

De esta forma, el capítulo propone que es posible visibilizar un conjunto de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, pero no como técnicas descontextualizadas de una matriz cultural, sino por el contrario, integrando éstas en una perspectiva más amplia y que es justamente la propuesta de la bioculturalidad, que incluye como elemento central los mecanismos de gobernanza climática y bienestar comunitario. Esta perspectiva es compartida por la Dra. Álvarez- Buylla (entrevista

La Jornada, 2018): “en la frontera del conocimiento esta también viva una forma de generar conocimientos que es tradicional en los pueblos autóctonos de este país”, cómo converger y dialogar de forma virtuosa con estos otros modos de generación de conocimiento es una gran pregunta.

TERRITORIOS Y COMUNIDADES BIOCULTURALES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Las formas de conocimiento tradicionales no existen separadas de las otras dimensiones de la vida cotidiana, como en el caso de la ciencia, lo que ha dado lugar a diversas reflexiones teóricas y metodológicas al respecto y a aprendizajes empíricos durante casi tres décadas (Toledo 1992, 2001, 2002; Toledo y Barrera-Bassols, 2008; Boege, 2008; Argueta, 2011) que han promovido el surgimiento de un nuevo enfoque: la bioculturalidad, basado en la premisa de que los conocimientos indígenas o locales en realidad forman parte de una *sabiduría tradicional*, que es el verdadero núcleo intelectual y práctico por medio del cual esas sociedades se apropian la naturaleza y se mantienen y reproducen a lo largo de la historia (ver www.patrimoniobiocultural.com). Sin embargo resulta contradictorio que los pueblos originarios, siendo el sector que menos contribuye al calentamiento global, paradójicamente, son los grupos sociales más vulnerables ante este fenómeno y los más afectados por las consecuencias directas del cambio climático.

México, según lo señala la Constitución Política (Art. 2º), es un país pluricultural fundado en sus pueblos indígenas. En este sentido se tienen registrados 62 grupos etnolingüísticos y 365 variantes lingüísticas que habitan en todos los estados del país. Según el criterio de auto adscripción, se calcula que la población indígena alcanza los 15 millones, es decir, más del 10% del total. Sin embargo, se ha documentado desde variados enfoques disciplinarios, que éste es el sector que presenta los mayores rezagos, en términos de los componentes de desarrollo y de las dimensiones de pobreza (CONEVAL, CDI, Luque, et al.), es decir, es un sector que requiere de atención prioritaria, pero que esta atención deberá contemplar los Derechos Universales de los Pueblos Indígena (ONU, 2007), por lo que se puede hablar de que la problemática indígena observada desde la perspectiva biocultural, es un tema de relevancia nacional.

Es importante mencionar que los pueblos indígenas y comunidades campesinas con sus agroecosistemas tradicionales tienen los reservorios de germoplasma mesoamericano más importantes del país y del mundo, cuyo valor no es reconocido por la sociedad en su conjunto. Este patrimonio representa un estratégico recurso para enfrentar las adversidades y contingencias del cambio climático (Orlove, 2004). Se trata de prácticas cotidianas comunitarias, conservadas por medio de estrategias de adaptación de gran plasticidad y capacidad para integrar nuevos conocimientos en diálogo intercultural. Conocer las percepciones, interpretaciones y respuestas de los pueblos indígenas frente al cambio climático representa un precepto indispensable para poder incorporarlos al diseño e implementación de estrategias eficaces de adaptación a nivel local (Lammel, Goloubinoff y Katz, 2008; Fernández-Llamasares et al., 2014; Luque, et al., 2016).

En términos generales se puede decir que, las comunidades que mantienen sus sabidurías tradicionales con respecto al clima, organizan sus procesos productivos agropecuario anuales de acuerdo a varios factores:

1) la necesidad de la satisfacción de sus objetivos familiares y comunales tales como la seguridad hídrica, la seguridad alimentaria, y la generación de productos para el intercambio comunal y con el mercado local y regional y

2) la observación de la dinámica del contexto que les rodea y la propia decisión de cada individuo.

Estas observaciones pueden ser agrupadas en dos grupos:

a) la observación del comportamiento de los bio-indicadores naturales y

b) la observación del comportamiento del entorno socio-económico

Considerando la dinámica del mercado, los cambios en los patrones del bienestar de las familias (por ejemplo, las nuevas exigencias económicas de la educación, la salud, las fiestas familiares o comunales, los viajes a la ciudad, etc.) y los valores y actitudes con las que cuentan cada individuo (Olivares, Guevara y Demey, 2012; Sánchez y Martínez, 2016).

A pesar de que el tema de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático han estado presente en las Comunicaciones Nacionales que México ha entregado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de la ONU, esto no ha sido suficiente para reducir la vulnerabilidad climática de muchas de las poblaciones rurales y urbanas de México.

Ante esta situación es importante observar que, como ya hemos señalado, para obtener resultados positivos no basta con mejorar y prestar apoyo a los conocimientos tradicionales y a la capacidad de adaptación de los pueblos indígenas, sino que hace falta integrar estas medidas con otras estrategias como la auto organización para los casos de desastre, la planificación del uso de la tierra, la conservación del medio ambiente y los planes territoriales comunitarios y regionales, así como un desarrollo científico y tecnológico pertinente con las capacidades locales y el bienestar comunitario de tipo sustentable.

El presente trabajo se enmarca en el reconocimiento científico del aporte de conocimientos de estos pueblos e incluye tratados internacionales, y postula que es posible y necesario recopilar e intercambiar experiencias sobre las mejores prácticas que los pueblos indígenas y las comunidades locales están llevando a cabo a nivel México para luchar contra el cambio climático con sus conocimientos ancestrales. Además proponemos llevar a cabo de manera paralela a esta actividad, talleres de grupos de expertos y sesiones de trabajo en varios lugares de México, sobre la base de una plataforma de las regiones bioculturales de México la cual, también persigue

fomentar el desarrollo de capacidades del colectivo e incidir a nivel de políticas públicas (Alonso, 2018).

Recientemente el Foro Indígena de Abya Yala, que agrupa a las redes de las organizaciones indígenas más representativas de la región, fue el encargado de dar a conocer los distintos puntos de una propuesta similar pero de alcance latinoamericana: "Tendríamos que construir un sistema de indicadores indígenas de éxito sobre cambio climático en adaptación y mitigación. El intercambio se realizaría por ecosistemas Amazónico (bosque húmedo tropical), Andino (altas montañas), Marino Costero y zonas de Cerrado (sabanas)", puntualizó.

La iniciativa plantea la creación de un grupo facilitador compuesto por 7 líderes de pueblos indígenas y 7 representantes de países "que apoyarían la planificación de las actividades del grupo de trabajo de expertos, y los talleres de capacitación que analizarían en profundidad las conexiones de los conocimientos indígenas con los elementos del Acuerdo de Paris". Asimismo, "habría un proceso nacional que permita seleccionar los mejores ejemplos en los temas vinculados con adaptación y mitigación al cambio climático", dijo.

Igualmente, el proyecto latinoamericano también aboga por la creación de plataformas nacionales ya que "sería difícil que todos los poseedores de los conocimientos ancestrales participen en eventos globales "."Si logramos tener algunas buenas prácticas en cada ecosistema, replicado e incluido dentro de los planes nacionales, podríamos generar cambios positivos. No obstante, tanto Costa Rica como Bolivia cuentan ya con estas herramientas. La Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, entidad creada para la gestión del cambio climático, junto con los representantes de las 36 naciones indígenas en la Asamblea Legislativa de Bolivia, lanzó el pasado 1 de noviembre una Plataforma de Naciones Indígenas Originarias de lucha contra el Cambio Climático (Alonso, 2018).

Al igual que la plataforma mundial, su objetivo es generar un espacio de intercambio de prácticas ancestrales y recuperar estos conocimientos para enfrentar el cambio climático. En el caso boliviano se pretende, además, desarrollar acciones para la resiliencia al cambio climático desde la gestión territorial, la agricultura campesina y agricultura familiar comunitaria, así como la gestión integral y sustentable de bosques. "Los saberes de los pueblos indígenas son vitales para definir estrategias de adaptación, sobretodo en el diseño de sistemas de prevención de riesgos y de alerta temprana", aseguró a DW, Elvira Gutiérrez, Directora de Adaptación de la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, poniendo como ejemplo los bioindicadores de manejo climático. "Hay plantas y aves que avisan si va a ser un año de lluvias", recordó. Por este motivo, resaltó la eficiencia de la plataforma, que también pretende desarrollar capacidades en base a cosmovisiones, así como crear leyes nacionales y departamentales de cambio climático basadas en esas experiencias de los trabajos que se están llevando a cabo como la elaboración de un catálogo de especies resistentes al cambio climático, así como la "traducción de las 36 lenguas indígenas del conocimiento pertinente en su contexto local" (Alonso, 2018).

LA RED DE PATRIMONIO BIOCULTURAL DE MÉXICO

La presente propuesta está soportada por del trabajo coordinado de dos redes de investigación con **9 años ininterrumpidos de trabajo sostenido**: la Red de Patrimonio Biocultural de México de CONACYT, así como de la Red Nacional de Investigación Multidisciplinaria en Cambio Climático coordinada por el Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) de la UNAM.

En conjunto, estas redes forman una comunidad de aprendizajes de carácter interdisciplinario e intercultural que colabora en la creación de una ciencia comprometida con la sociedad, la vida y la paz. Asimismo, desde la dinamcia de trabajo se reconoce que en la diversidad cultural existen contribuciones éticas, filosóficas y científicas, que representan un gran potencial ante los desafíos globales que actualmente enfrenta la humanidad.

Por ello, este tipo de investigaciones aspiran al "Diálogo de Saberes" y se enfocan en comprender la relación sociedad-naturaleza. A la gran variedad de prácticas y saberes, algunos de data milenaria, y que nos relacionan de manera sustentable con los territorios, el agua y la biodiversidad, y por ello se le denomina: Patrimonio Biocultural. En la Red de Patrimonio Biocultural se pone particular atención en integrarnos con los Pueblos Indígenas y Comunidades Equiparables de México en la construcción del bienestar comunitario y el buen vivir.

La Red de Patrimonio Biocultural de México fue fundada en el año 2011. Actualmente participan más de 110 miembros, en equidad de género, quienes provienen de más de 15 disciplinas y áreas de acción social, y en su mayor parte están adscritos a 40 instituciones académicas, nacionales e internacionales. Las áreas de acción social incluyen a comuneros, ejidatarios, cooperativas, ONGs, entre otras. La Red tiene una organización matricial con ocho programas y 25 nodos. Estos grupos de investigación intercultural se ubican en 22 estados del país. Además, colaboramos con 30 grupos etnolingüísticos, en 34 subcuencas hidrógraficas de gran diversidad ecosistémica que conforman alrededor de 80 regiones bioculturales (ver Logros y Publicaciones).

La Red de Patrimonio Biocultural pertenece al Programa de Redes Temáticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), las cuales se definen como asociaciones voluntarias de investigadores, o personas con interés de colaborar, para atender un problema prioritario nacional. Cada red está coordinada de manera colegiada por un comité técnico académico (CTA). Esta red colabora en todas las áreas del conocimiento que rigen al Programa y que están consideradas en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología e Innovación (PECYTI, 2018): Ambiente, Conocimiento del Universo, Desarrollo sustentable, Desarrollo tecnológico, Energía, Salud y Sociedad.

LA RED NACIONAL DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA EN CAMBIO CLIMÁTICO.

Desde hace más de 10 años el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, la Dirección de Investigación y Posgrado y el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada- Altamira del Instituto Politécnico Nacional, el Programa de Estudios de Cambio Climático de la Universidad Veracruzana, el

Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana Puebla, la Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad de la Universidad de Guanajuato, el Instituto de Investigaciones Doctor José María Luis Mora, el Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México, la Red Universitaria de Cambio Climático, el Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche, la Universidad de Colima y la organización Ingenieros Sin Fronteras han promovido e impulsado la red nacional de investigación multidisciplinaria en cambio climático. Actualmente la red agrupa a más de 25 unidades académicas del país y más de 170 investigadores.

Los temas que desarrollan van desde la adaptación climática de entornos urbanos hasta métodos econométricos nacionales y regionales aplicados a contexto de cambio climático. Vale señalara el profundo interés de esta red en el tema de seguridad hídrica y gobernanza climática. Como evidencia de ello se pueden consultar los registros de proyectos y publicaciones realizados a la fecha (http://www.pincc.unam.mx/rednacionaldecc/).

Es importante señalar también que en el marco de la presente propuesta, los temas de construcción de escenarios de cambio climático y el de gobernanza climática son los ejes fundamentales (http://www.pincc.unam.mx/rednacionaldecc/DOCU_CLIMARED/politicas_publicas/benjamin_ortiz.pdf). Se trata por lo tanto de un proyecto diseñado conjuntamente por el interés de dos redes nacionales de investigación en una proyección de investigación científica aplicada para las regiones bioculturales de México, lo cual significa un reto único: construir una nueva epistemología para visualizar y explicar las regiones bioculturales en un contexto de cambio climático.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Con los antecedentes anteriores, ponemos en consideración nuestra hipótesis de trabajo:

La base de la eficiencia de la gobernanza climática en la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en las regiones bioculturales de México se encuentra en los conocimientos de sus pueblos indígenas y comunidades equiparables. Estos conocimientos, junto con los conocimientos científicos pertinentes, son el fundamento para diseñar y desarrollar estrategias e innovaciones tecnológicas para dar soluciones tanto a nivel local como regional para enfrentar al cambio climático en el marco de procesos participativos y democráticos. Estas estrategias son parte del bienestar comunitario a partir justamente de su acervo biocultural en el estricto apego y defensa de los derechos humanos de las propias comunidades. Lo anterior se expresa en esquemas de gobernanza climática que integre los conceptos de locales de seguridad pública, alimentaria, hídrica y energética.

EL ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN: SISTEMAS COMPLEJOS, TERRITORIOS BIOCULTURALES, GOBERNANZA CLIMÁTICA

Rolando García (2000, 2006, 2011) refiere en la introducción de su obra "*Sistemas*

Complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria", que éste enfoque surgió en la elaboración del programa *"Drought and Man",* bajo su dirección en la Federación Internacional del Instituto de Estudios Avanzados de las Naciones Unidas, publicado en 1988 bajo el título: "*From Vision to Action, Science and Global Development, 1971-1986*". En paralelo a su desempeño en el Pprograma de Investigación Global de la Atmósfera y a su colaboración con Jean Piaget, con quién elaboró la visionaria obra: *"Psicogénesis e Historia de la Ciencia"* (Piaget y García, 1984).

Dado que proponemos para la presente propuesta adoptar el enfoque de investigación de los sistemas complejos e interdisciplinariedad desarrollada por García y colaboradores (García, 2011; Ortiz Espejel y Duval, 2008). En este trabajo, consideraremos que el concepto de *territorios bioculturales* implica tanto a los elementos y ciclos materiales bióticos, como a los abióticos y socio-culturales, que son inextricables, y a los cuales se les asigna desde diferentes marcos teóricos y epistémicos, diversas formas de representación dinámica. Asimismo el territorio biocultural es también una arena histórica, cultural y económica, expresión de un proceso de apropiación colectiva o individual de porciones o fracciones de los ecosistemas presentes en el territorio.

El proceso de apropiación social del territorio biocultural se conceptualiza como un proceso doble: por un lado es el acto material por el cual una colectividad realiza el control de una porción del espacio con el fin de aprovechar los servicios ecosistémicos ahí presentes y por el otro lado, es al mismo tiempo, un acto social de construcción de sentido del espacio. Algunos autores (Arreola y Saldivar, 2017) llaman a este proceso "territorialización". Este segundo proceso de apropiación implica las representaciones culturales y simbólicas que conforman la identidad y el sentido de los habitantes locales originarios. Esto conlleva también la presencia de normas y reglas tradicionales para acceder al uso de los servicios de los ecosistemas.

De esta manera diversos autores (Luque, et al, 2017; Ortiz y Duval, 2011; Luque, et al., 2016) han propuesto que, los conceptos de territorio y territorialización pueden ser puestos en operación empírica a través del enfoque de los sistemas complejos propuestos por Rolando García (2006, 2011). En este sentido la pertinencia de un enfoque sistémico para lo territorial, y más adelante veremos que también para la noción de gobernanza, depende en el fondo, de la naturaleza de las preguntas de investigación que se pretenda responder.

De esta forma, el territorio es posible concebirlo como un sistema complejo que se compone de varios subsistemas entrelazados de manera indisociable y cuyos vínculos contienen información que explica el funcionamiento de los subsistemas en su conjunto. Como resultado de las interacciones entre los elementos surgen propiedades nuevas, denominadas emergentes.

La emergencia es una propiedad de los sistemas complejos que a su vez está relacionada con el principio de la autoorganización. Todo sistema complejo fluctúa en una lógica de organización material y simbólica que oscila entre lo que podemos llamar estados de alta o baja complejidad. Otros autores prefieren denominar este

tipo de estados como sistemas alejados del equilibrio (Ortíz Báez, et al. 2016).

Proponemos el concepto de "*sistemas complejos territorializados"*, como sistemas no lineales, multidimensionales y no predictivos. Con capacidad adaptativa y con propiedades emergentes de autoorganización y resiliencia ante estímulos externos.

De lo anterior se desprende que, el territorio como sistema complejo, presenta una capacidad transformadora por los grupos sociales presentes a lo largo de este proceso, y que forman parte crucial de la dinámica territorial a través de acciones de intervención concreta en el espacio y que algunos autores denominan como una "energética social" (Ortiz Báez, 2016) o de "regiones que caminan hacia la sustentabilidad" (Toledo y Ortiz Espejel, 2014).

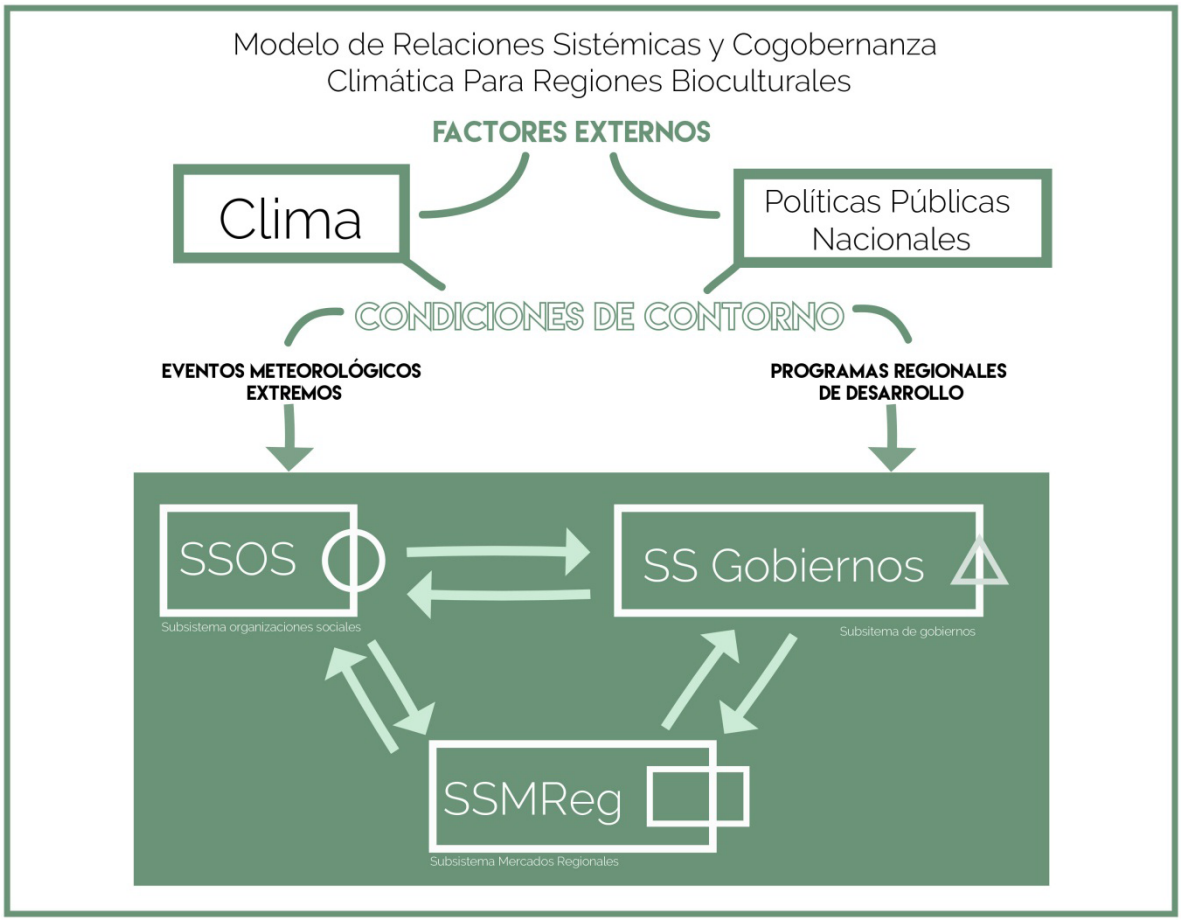
De esta manera, la territorialización, al ser una propiedad emergente, desde el enfoque de los sistemas complejos, implica además la caracterización de los mecanismos que orientan la construcción social del territorio, así como los procesos de desestabilización y estabilización, que algunos autores llaman condiciones de contorno y que regulan al sistema complejo (Luque et al, 2017; Ortiz y Duval, 2011).

En la dimensión de lo temporal, la territorialización, es también la proyección de las expectativas y aspiraciones sociales entendidas como el ejercicio *del derecho de ser* en el territorio. Así, los grupos sociales presentes en ocasiones durante miles de años en el territorio, conforman sujetos colectivos que se organizan en acciones de apropiación de los servicios ecosistémicos y que muchas veces se ven en situaciones de presión por actores externos.

En este contexto, se ha propuesto el uso del enfoque de los sistemas complejos desde una perspectiva que integre procesos participativos (Ortiz Espejel, et al, 2011; Luque et al, 2017; Ortiz y Duval, 2008) para incrementar el conocimiento sobre los sistemas socio-territoriales y mejorar la calidad de las decisiones políticas considerando a todos los actores afectados o interesados. Este conocimiento implica una participación activa de los habitantes del territorio, lo que conecta con el concepto de gobernanza. (Ver Figura 1)

Para algunos autores, el concepto de gobernanza implica cambios en el modelo tradicional de gobernar, que transita de un proceso *unidireccional* (de los gobernantes a los gobernados) a otro *multi-direccional* en el que los actores sociales influyen en las decisiones del gobierno a través de una red de *interacciones* (Martínez y Espejel, 2015). La gobernanza es definida como el proceso de dirección sociopolítica que incrementa las interacciones de los actores sociales y gubernamentales debido a la adaptación del gobierno a condiciones de mayor complejidad social, económica y política, lo cual deriva en redes interdependientes de actores con mayor grado de autonomía e influencia en el ciclo de las políticas públicas (Peters y Pierre, 2005).

Fig. 1. Modelo de relaciones sistémicas y gobernanza climática para las regiones bioculturales de México



Fuente: elaboración propia

Las condiciones básicas de la gobernanza son: a) la baja capacidad del gobierno para imponer una agenda en las sociedades contemporáneas, b) el incremento de recursos por parte de actores sociales para actuar en la esfera pública (legitimidad, financiamiento, información, tecnología, capital humano, entre otros), c) los procesos de colaboración, vinculación, codirección, coproducción, regulación e implementación compartida entre los actores sociales y el gobierno y, d) la dilución entre los límites de la esfera pública y privada (Martínez y Espejel, 2015).

La gobernanza cobra importancia actualmente dado que existe una cada vez mayor participación de los actores sociales en los asuntos públicos. La gobernanza representa una perspectiva de las nuevas tendencias en las políticas y administración públicas que buscan una relación más equilibrada entre el conocimiento académico y el político, una mayor participación de actores sociales y una revaloración de las capacidades gubernamentales y sociales.

En la actualidad, la problemática ambiental y la climática se han convertido en el disparador de diversas y graves problemáticas en la sociedad. Los grandes temas ambientales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, muestran

que el diseño de marcos normativos convencionales y la implementación de políticas sectoriales se convierten rápidamente en parte del problema. En la misma perspectiva se afrontan otros dos desafíos que no han sido superados: la pobreza, el empleo y la productividad, desde una racionalidad ambiental.

CONCLUSIONES CONCEPTUALES PROVISIONALES.

En gran medida, la complejidad de los sistemas socio-territoriales demanda una política de gobernanza en la que confluyen procesos de alta complejidad ecológica, social y económica. Así, desde una *"gobernanza en la complejidad"*, concepto que proponemos para integrar a la diversidad de fuerzas políticas, perspectivas e intereses legítimos de los actores en el territorio con el potencial de autoorganizarse desde una perspectiva de los sistemas complejos territorializados.

Esta política de la gobernanza se concreta en ejercicios de planificación territorial hacia la democracia participativa. Esto permitiría incluir el conocimiento tradicional, los intereses políticos y la información académica al proceso de toma de decisiones, con lo que aumentaría la comunicación entre los actores sociales, se contribuiría a resolver los conflictos, se incrementaría la legitimidad política y, en general, aumentaría la calidad y durabilidad de las decisiones políticas (Funtowicz y Ravetz, 1993; De Sousa, 2017).

FUENTES DE CONSULTA

Álvarez Buylla, E. (2018) *Plan Institucional en ciencias busca dejar atrás modelos neoliberales.* Entrevista de Poy Solano, L. La Jornada 25 de agosto 2018 Sección Política pg. 9.

Alonso, J. (2018) *Conocimiento ancestral indígena contra el cambio climático desde América Latina.* Made for minds. D.W. Alemania. https://www.dw.com/es/conocimiento-ancestral-ind%C3%ADgena-contra-el-cambio-clim%C3%A1tico-desde-am%C3%A9rica-latina/a-43673214 Consultado 27 de mayo de 2019

Banco Mundial. (2013) *Las dimensiones sociales del cambio climático*. Washington, Banco Mundial. EEUU.

Boaventura De Sousa, S. (2017) Justicia entre saberes. Epistemologías del sur contra el epistemicidio. Ed. Morata. España.

Boege, E., (2008) *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas.* Instituto Nacional de Antropología e Historia/ Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México. 342 pp.

Fernández Llamazares, A., Díaz Reviriego, I., Méndez-López, M.A., Sánchez, I., Pyhälä y Reyes García V. (2014) *Cambio climático y pueblos indígenas: estudio de caso entre los Tsimane´, Amazonia boliviana.* Revista virtuak REDESMA no. 7 Bolivia.

Funtowicz, S. y Ravetz, J. (1993) *La ciencia posnormal, ciencia con la gente.* ICARIA/ANTRAZYT 160, Barcelona, España. https://economiaecologicaunam.files.wordpress.com/2015/09/2000-funtowicz-y-ravetz-la-ciencia-posnormal.pdf Consultado 27 de mayo de 2019

García, R. (2000) *La Construcción social del conocimiento. De las teorías constructivistas de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos.* GEDISA. España.

García, R. (2006) *Sistemas Complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica para la investigación interdisciplinaria.* GEDISA. España.

García, R. (2011) *Interdisciplinariedad y sistemas complejos.* Rev. Latinoamericana de metodología de las ciencias sociales. Vol.1 No.1. Argentina.

Gay, C. Comp. (2000) *México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país*. Coordinados por el INE con el apoyo del U.S. Country Studies Program, México Instituto Nacional de Ecología/ Universidad Nacional Autónoma de México/ U.S. Country Studies Program, 220 pp. México.

Gay, C. et al., Editores. (1995) *Primer Taller de Estudio de País: México. México ante el cambio climático.* Memorias, Cuernavaca, Mor. 18 al 22 de abril de 1994, Instituto Nacional de Ecología, US Country Studies Program. Suppor for Climate Change Studies, Coordinación de la Investigación Científica, Centro de Ciencias de la Atmósfera. México.

Gay, C. (1996) *Segundo Taller de Estudio de País: México. México ante el cambio climático.* Memorias, Cuernavaca, Mor. 8 al 11 de mayo de 1995; Instituto Nacional de Ecología, US Country Studies Program. Suppor for Climate Change Studies, UNAM. México.

Gay García, C., Rueda Abad, C., Ortiz Espejel, B., Fernández Carril, L.R., López Morales, L., Le Bail, M., Peña Ledón, C.T. (2015) *Introducción Reporte Mexicano de Cambio Climático Vol. II*. En: Ortiz Espejel, B., muñoz Sevilla, N.P. y Le Bail, M. (eds.). Reporte Mexicano de Cambio Climático. Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. Universidad Nacional Autónoma de México. 15 -26 pp.

Gobierno de la República. (2014) *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC): Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.* Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2014/09/PECC-2014-2018.pdf Consultado 27 de mayo de 2019

Lammel, Annamária, Marina Goloubinoff, Esther Katz (eds.). (2008) *Aires y lluvias.* CIESAS/Universidad Iberoamericana/CEMCA/ IRD, México,

Luque, D., Martínez Yrizar, A., Burquéz, A., López Cruz, G., Murphy, A.D. (2017) *Complejos bioculturales de Sonora. Pueblos y territorios indígenas.* CIAD/ CONACYT/Red Patrimonio Biocultural. México.

Martínez, N. y Espejel, I. (2015) *La investigación de la gobernanza en*

México y su aplicabilidad ambiental. Rev. Economía, sociedad y territorio. Vol. 15 No. 47. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212015000100007

Monterroso, A., Eguiarte, A., Trejo, R., Conde, C., Escandón, J., Villers, L. (2013) *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México.* Universidad Autónoma de Chapingo, Centro de Ciencias de la Atmosfera/ Instituto de Geografía/Programa de Investigación en Cambio Climático-UNAM disponible en http://atlasclimatico.unam.mx/VyA/ Consultado 27 de mayo de 2019

Olivares, B., Guevara, E y Demey, J. (2012) *Utilización de bioindicadores climáticos en sistemas de producción agrícola del estado Anzoatégui, Venezuela.* Revista Multiciencias Vol. 12 No. 2 Caracas, Venezuela.

Ortiz-Espejel, B., Duval-Berhmann, G., Andrade-Frich, B. Espinoza-Guzmán, M.A., Madrigal-González, S., (2011) *Sistemas complejos e investigación participativa. Consideraciones teóricas, metodológicas y epistémicas para el estudio de las Organizaciones Sociales hacia la Sustentabilidad.* Rev. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente No. 22:133-150. https://es.scribd.com/document/332710025/Sistemas-Complejos-e-Investigacion-Participativa-DUVAL Consultado 27 de mayo de 2019

Ortiz Espejel, B. y Toledo, V.M. (2012) *Etnoecología, cambio climático y sabiduría tradicional*, en: Ortiz Espejel, B. y Velasco, C. (Eds.), La percepción social del cambio climático. Estudios y orientaciones en México. Universidad Iberoamericana, Puebla y Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Orlove, B., Chiang, J. y Cane, M. (2004) *Etnoclimatología de los Andes.* Rev Investigación y Ciencia No. 330. Barcelona, España.

Rodríguez Velázquez, D. (2017) *Gestión integral del riesgo climático: sociedad civil y gobernanza,* en: Rueda-Abad, J.C., Gay García, C. y Ortiz Espejel, B. (eds), Gobernanza climática en México. UNAM. México.

Peters, Guy y Pierre, J. (2005) ¿Por qué ahora el interés por la gobernanza?, en: Agustí Cerrillo i Martínez (coord.), *La gobernanza hoy: 10 textos de referencia*, Instituto Nacional de Administración Pública, Madrid, pp. 37- 56 España.

Piaget, J., García, R. (1984) Psicogénesis e historia de la ciencia. Ed. Siglo XXI. México.

Sánchez Cortés, M.S. y Martínez Alcázar,T. (2016) *Percepciones indígenas del clima en un contexto de cambio climático y su relación con la biodiversidad.* Ponencia Quinto Congreso nacional de Investigación en Cambio Climático UNICACH, Chiapas, México.

SEMARNAP. (1997) *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de*

las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEMARNAT. (2013) *Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40*, SEMARNAT. México.

Toledo, V.M. (1992) *What is ethnoecology?: origins, scope and implications of a rising discipline*, Etnoecologica1: pp. 5-21.

Toledo, V. M. (2001) *Biocultural diversity and local power in Mexico: challenging globalization*, *On Biocultural Diversity,* Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA: pp.472 – 488.

Toledo, V.M. (2002) *Ethnoecology: a conceptual framework for the study of indigenous knowledge of nature*, en J.R. Stepp, F.S. Wybdgan y R.K. Zager (eds), Ethnobiology and Biocultural Diversity, International Society of Ethnobiology, Georgia, pp. 511-522.

Toledo, V.M. y Barrera, B. (2008) *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales.* ICARIA Barcelona, España.

Toledo, V.M y Ortiz-Espejel, B. (2014) *México. Regiones que caminan hacia la sustentabilidad. Hacia geopolítica de las resistencias bioculturales*. Universidad Iberoamericana, Puebla/ Red Patrimonio Biocultural CONACYT. México.

Toledo, V.M. (2013) *El metabolismo social una nueva teoría socioecológica.* Rev. Relaciones 136. Otoño pp. 41 – 71. México.

Toledo, V.M. y Barrera, N. (2017) Political agroecology in Mexico: a path toward sustainability. Rev Sustainability. 9,268 mdpi.

Capítulo 15

Contribuciones educativas para un cambio paradigmático cultural ante los riesgos de la elevación de la temperatura en 1.5°C

Esperanza Terrón Amigón y María Silvia Sánchez Cortés

RESUMEN

La disertación que se realiza en este capítulo se enfoca a la posibilidad que se tiene desde la educación, de contribuir a no superar el umbral de temperatura de 1.5°C en el año 2040. Se plantea qué tipo de educación se necesita para afrontar el problema ambiental del cambio climático. Esta propuesta tiene como referente, la investigación que se ha estado realizando, sobre las representaciones sociales del cambio climático y el papel de la educación ambiental desde un enfoque crítico con estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional, con profesores de educación primaria de la ciudad de México y de una comunidad indígena de Chiapas,. El desafío de la educación es muy grande porque el cambio climático afecta a generaciones actuales, futuras y a la biodiversidad que nos sustenta. El informe del IPCC 2018 es una oportunidad para enlazar temas de vulnerabilidad, pobreza y desarrollo sustentable, entre países y regiones, pero creemos que deben considerarse estos conceptos y otros desde una reflexión crítica, para lograr los cambios de visión, de comportamiento, y sobre todo atender los temas políticos ligados a la construcción de caminos para la gobernanza involucrada con la justicia climática y la sustentabilidad en un escenario de estabilizar la temperatura a 1.5°C.

Palabras clave: Educación ambiental, cambio climático, educación crítica.

ABSTRACT

The dissertation that is made in this chapter focuses on the possibility that exists from education, of contributing for not to exceed the temperature threshold of 1.5 ° C in the year 2040. It is proposed what kind of education is needed to face the problem environmental impact of Climate Change. Our proposal has as a reference, the research we have been doing with students of the National Pedagogical University and with teachers of primary education in Mexico City and an indigenous community of Chiapas, on the social representations of climate change and the role of education environmental from a critical approach. The challenge of education is very great because CC affects current and future generations and the biodiversity that sustains us. The IPCC 2018 report is an opportunity to link issues of vulnerability, poverty and sustainable development, between countries and regions, but we believe that

these concepts and others should be considered from a critical perspective, in order to achieve changes in vision, behavior, and all attend to the political issues linked to the construction of roads for governance involved with climate justice and sustainability in a scenario of stabilizing the temperature at 1.5 ° C.

Keywords: Environmental education, climate change, critical education.

INTRODUCCIÓN

Pensar en el contenido pertinente y relevante para la estructuración de este capítulo desde nuestra trinchera, no fue fácil, no obstante, que el objetivo de los coordinadores de esta obra es ofrecer una visión analítica multidisciplinaria, sobre el "Reporte Especial de la elevación de la temperatura en 1.5°C" que ha publicado el IPCC el 8 de octubre de 2018.

Como especialistas en el campo de la educación, consideramos que las contribuciones acerca de los riesgos y los retos, que supone dicho umbral de temperatura de 1.5°C, habrán de hacerlas los expertos de las ciencias del clima. Como especialistas del área educativa, reflexionaremos desde el lugar y papel que corresponde a la educación y en particular de la educación ambiental (EA) y sus retos frente a este problema, ante el imperativo de incidir en la toma de consciencia sobre el cambio climático antropogénico (CC) y en la participación social crítica, para afrontar el problema buscando, entre otras cosas, la reducción de riesgos y vulnerabilidad frente al CC, así como formas de contribuir a su mitigación en contextos diversos.

Ante la pregunta ¿Es posible lograr el 1.5°C de temperatura en el año 2040 en lugar de 2°C?, consideramos que es difícil, nos enfrentamos al gran reto de unificar intereses diferentes en sectores sociales, institucionales, empresariales, entre otros, para poder trabajar organizados y de manera sistémica, comprometida y responsable hacia un objetivo común, cruzado por el interés de justicia climática y social, en los sectores vulnerables y más afectados por el impacto del CC. En este contexto, los esfuerzos individuales y colectivos requieren ser integrales y sellados por el bien común.

La EA puede contribuir en el cambio del paradigma de pensamiento y de la cultura materialista y consumista, ¿a tiempo?, no se puede asegurar, en tanto que los procesos educativos van a contracorriente de poderosas decisiones desarrollistas e individualistas, cuyos proyectos económicos destruyen la biodiversidad, los flujos hidrológicos y emiten gases de efecto invernadero (GEI).

Asimismo las modificaciones de las interacciones en los elementos que constituyen el sistema climático, inciden en las alteraciones del CC generando un proceso de retroalimentación, además de que el cambio climático interactúa con otros problemas ambientales y no ambientales (Dryzek, Norgaaard y Schlosberg, 2012).

Dada la complejidad del sistema climático, determinado por múltiples fuerzas de conducción (interacción tierra, atmosfera, océano), el CC se caracteriza entonces por presentarse de manera global al centrarse en la atmósfera y el océano, e impulsado primordialmente por los GEI como el CO_2, que tiene larga permanencia en la atmósfera.

Estas características e interacciones llevan a que el CC opere y se exprese en escalas de tiempo muy largas que desafían y trascienden a las generaciones humanas y las respuestas otorgadas (Steffen, 2012).

El capítulo se organiza en tres puntos, en el primero realizamos un breve análisis del capítulo cinco del "Informe Especial de 1.5°C" del IPCC 2018 y las posibilidades que se tienen de contribuir desde la educación para no superar el 1.5°C de temperatura en el año 2040. En un segundo punto, se plantean problemas y retos educativos a superar para transitar hacia la consolidación del cambio social dejando atrás el paradigma cultural consumista y los valores materialistas en los que se apoya; el tercer punto aborda las consideraciones finales.

¿ES POSIBLE LOGRAR O NO EL 1.5°C DE TEMPERATURA? PARTIENDO DEL "INFORME ESPECIAL DE 1.5°C".

En el Informe Especial de 1.5°C (IPCC, 2018) se observa el interés por vincular la mitigación y la adaptación del cambio climático al desarrollo sustentable y la consiguiente superación de la pobreza, por lo que se presenta un esfuerzo importante para otorgar "certidumbre" a los escenarios de CC. De allí su propuesta de combinar los riesgos ante el CC con escenarios de alta, mediana o baja confianza de acuerdo a lo que se espera suceda entre la interacción con las respuestas planteadas y los aumentos de temperatura que se vislumbran a futuro (1.5°C y 2°C). En este sentido, consideramos que en el informe se busca superar los contextos de incertidumbre que se detonaron a principios de la década de 2010, por algunos países con líderes de ideología de derecha (Dryzek et al., 2012), aunque actualmente, Estados Unidos de Norteamérica, el país con mayor gasto energético siga adherido por sus líderes políticos al escepticismo del problema, lo cual busca erosionar la credibilidad del CC. Es sabido que estas posturas de negación se guían más por intereses económicos y de poder geopolítico, puesto que quienes siguen contaminando se involucran en menor medida con sus responsabilidades y es en los pueblos y comunidades históricamente vulnerables, en los que recaen y se suman los impactos de cambio en el clima.

El informe convoca a reducir la temperatura a 1.5° a través de la implementación de medidas a gran alcance, con escalas multinivel e intersectoriales. Para nuestro país son relevantes aquellos impactos vinculados a los incrementos de la temperatura media, temperaturas extremas, incremento de nivel del mar y modificación de los patrones de precipitación o sequías, que afectan de manera importante a la zona norte y a las zonas costeras con poblaciones vulnerables. Al respecto, si bien se trata de escenarios globales, queremos enfatizar la recomendación del IPCC 2018 que precisa que los impactos y respuestas deben ser diferenciales, dadas las características climáticas y orográficas de las diferentes regiones del país y aún al interior de las mismas localidades, además de las diferencias demográficas, productivas, contextos políticos así como de diversidad biológica y cultural.

Como se mencionó, el IPCC 2018 plantea respuestas relacionadas con el desarrollo sustentable y el denominado bienestar social, la prosperidad económica y la protección ambiental en donde se asigna un papel fundamental a la ética y a la

equidad para ayudar a superar la pobreza. En este sentido, a través del informe se manifiesta que la adaptación se ajuste a los contextos nacionales para garantizar la seguridad alimentaria, el agua, la disminución de riesgos, principalmente climáticos, mejorar la salud y los servicios ecosistémicos.

El principal reto señalado, es lograr la participación y la integración para disminuir los impactos a través de la mitigación y aumentar la adaptación[1]. Para todo ello el informe reconoce incluir los enfoques de educación e información, además de incorporar los conocimientos locales e indígenas y la visión de comunidad para apoyar los cambios de comportamiento a gran escala para poder limitar el calentamiento global y detonar así las diferentes capacidades de adaptación. De esta manera se vincula y resalta el papel de la resiliencia, la adaptación, y la vulnerabilidad, con el desarrollo sustentable y la erradicación de la pobreza.

A su vez, en el informe se ubica a la educación en dos sentidos principales; el primero de ellos está en relación con el acceso y la mejora de la calidad educativa. El segundo, se refiere al papel de la educación para la sostenibilidad, ligada a la conciencia, el conocimiento, la capacidad técnica y de gestión, pero es importante señalar, que se le asigna y "sobre estima" su importancia en relación con el uso eficiente de energía; y con su papel en las opciones de mitigación y adaptación en cuanto al uso del suelo y los ecosistemas. (Roy et al., 2018: 481)

Al respecto, consideramos que estos aspectos, que también aborda el IPCC 2018, son muy importantes, pero deben partir de un enfoque y replanteamiento crítico, además de coincidir con Kleep y Chávez-Rodríguez (2018), en el sentido de que será muy importante reconocer que es necesario superar la idea de que el cambio climático es un imaginario neutral, apolítico y universal proyectado por la ciencia del clima, y separado de las respuestas locales al clima. Por ello, será necesario impulsar cuestionamientos reflexivos y políticos sobre los conceptos de resiliencia, adaptación y vulnerabilidad, los cuales son aspectos prioritarios para este informe 2018.

En ese sentido, hay coincidencia con quienes señalan que el concepto de resiliencia ha trasladado las responsabilidades a los actores locales, aludiendo a que ellos tienen que responder y hacer frente a los impactos desde sus propias capacidades y, con ello, se eluden responsabilidades diferenciadas y de relaciones de poder involucradas en el CC. Con referencia al concepto de adaptación, en el discurso de diferentes agendas e informes (incluido el del IPCC, 2018), se buscan respuestas inmediatas, de causa-efecto, más que integrales, sistémicas y a largo plazo. En cuanto al concepto predominante de vulnerabilidad, se requiere de respuestas basadas en la comprensión de las verdaderas causas del cambio climático, por lo que es necesaria la reflexión de cómo usamos estos conceptos y su articulación con la sustentabilidad (Mirenda y Lazos, 2018; Klepp y Chavez- Rodriguez, 2018).

Una revisión crítica de lo antes mencionado, nos llevará a la inclusión de los temas de desigualdad y de justicia climática, sobre todo para que se atiendan las causas del CC provocadas por los países más contaminantes, el consumismo y la

1 Adaptación "En sistemas humanos, es el proceso de ajuste a lo real o el clima esperado y sus efectos, a fin de moderar el daño o la explotación. En los sistemas naturales, es el proceso de ajuste al clima actual y sus efectos; la intervención humana puede facilitar ajuste al clima esperado y sus efectos (IPCC, 2018).

explotación desmedida de los recursos naturales, para no solamente enfocarnos a que las poblaciones vulnerables asuman y atiendan los impactos del CC.

En el proceso educativo tendrán que tocarse la reflexión crítica de estos aspectos además de los temas referentes a cómo se llegó a estos graves problemas ambientales y de CC. Es por ello, que la tarea de la educación ambiental es exponer el origen del problema, las diversas formas en que el CC afecta a la sociedad y como las medidas y respuestas a seguir deben ser globales pero también locales y sobre todo colectivas e institucionales, además de comprender que el CC es finalmente parte de un sistema climático, ecológico y político complejo.

Por otra parte, si bien el informe resalta el papel de la información, en estudios anteriores alusivos al papel de la misma, se ha señalado la necesidad de ir más allá de ser eficientes en proporcionar información o de alfabetizar científicamente a las personas (Meira, et al. 2013), debido a que estas acciones tienen poco impacto en el comportamiento y, ante ello, debe ponerse más atención al respecto. Esta situación se suma a los resultados de diversos estudios nacionales e internacionales quienes señalan que el cambio climático no figura como un tema de interés prioritario o urgente para las personas (Gaudiano y Maldonado, 2013; Meira, et al. 2013; Terrón, Sánchez-Cortés y Bahena, 2016).

A su vez, la percepción del cambio climático aún está muy vinculada a las creencias y experiencia sobre el tiempo o variabilidad climática. Lo mismo sucede en comunidades rurales, como las indígenas, que subsisten de la agricultura de temporal (Sánchez-Cortés y Lazos 2011), por lo que Dryzek, et al. (2012) consideran necesario tomar en cuenta que la información científica a menudo se procesa a través del lente de las creencias, las cuales pueden estar alejadas de la ciencia del clima.

PROBLEMAS Y RETOS PARA LA CONSOLIDACIÓN DEL CAMBIO SOCIAL: DEL PARADIGMA CULTURAL CONSUMISTA AL PARADIGMA DE LA SUSTENTABILIDAD Y EL BIEN COMÚN EN CONTEXTOS DE CC.

Los riesgos que destaca el informe sobre el CC y su impacto planetario, reafirman que el fenómeno es una de las manifestaciones de impacto global que dan credibilidad a las previsiones que Beck (1998) y Morin (1999) vislumbraban en el último tercio del siglo pasado y que les dio elementos para considerar la necesidad de una educación, que dotará de herramientas a los ciudadanos para afrontar el riesgo y la incertidumbre en que viviría la sociedad actual.

El conocimiento que está aportando la investigación científica sobre el CC, coloca a éste como el problema ambiental global más agresivo de nuestro siglo, debido al gran riesgo que representa para la sociedad, para los sistemas biofísicos, para las estructuras socio-económicas del planeta y principalmente porque refuerza la vulnerabilidad en la que se encuentran las poblaciones indígenas, campesinas y sectores sociales empobrecidos, de zonas rurales y urbanas. Sin embargo, en el reciente informe del IPCC 2018 resalta la pregunta, ¿por qué a pesar de la preocupación en los últimos lustros por hacer algo para cambiar no se están teniendo respuestas

favorables? Se observa que no hay acción y no se atiende el problema realmente; no obstante, la exigencia de poner atención y de actuar a nivel mundial para la mitigación y adaptación a los cambios, que ya son inevitables (IPCC, 2018).

Eso mismo nos hemos preguntado respecto de la crisis ambiental pese a que el impulso para disminuirla se viene dando desde el último tercio del siglo pasado (véase: Teitelbaum, 1978; UNESCO, 1977 y 1980). Los problemas que caracterizan esa crisis recaen en el CC y también se identifican como problemas del mismo, la injusticia climática y social; la contaminación atmosférica por emisiones de CO_2, CH_4, N_2O, entre otros; la deforestación, la destrucción de ciclos hidrológicos, la pérdida de humedales, la pérdida de biodiversidad, la desertificación, la pobreza, la desigualdad, la distribución inequitativa de la riqueza, las actividades y valores humanos que inducen a esos problemas vinculados con intereses de sectores sociales minoritarios, con la industrialización irracional y el consumismo, entre otros (UNESCO, 1977 y 1980).

No obstante, que los problemas señalados se vienen planteando desde mucho tiempo atrás, se siguen fomentando, y la pregunta es ¿por qué a pesar de los cambios que se han impulsado para prevenir y disminuir la crisis ambiental desde hace varias décadas, el problema persiste? Entre los problemas, que desde los años 60 y 70, se consideraron como centrales se encuentran: la fragmentación del conocimiento, la desinformación, los valores instrumentales y el mecanicismo cognitivo; pues no obstante que vivimos en un mundo de cambios vertiginosos que se globalizan, al mismo tiempo ese mundo es fragmentado con mucha información y al mismo tiempo se encuentra desinformado (Tedesco, 2010 y Torres, 2019).

Desde esa lógica, no se observa la devastación que generan las prácticas productivas mercantiles como la minería a cielo abierto, pues lo que importa es la ganancia no la expoliación que esa práctica hace de las comunidades, destruyendo bosques y selvas sumideros naturales de captura de Carbono. Se apuesta en gran parte, a las *tecnologías verdes* para disminuir y remover el CO_2 de la atmósfera, pero, ¿quién pagará esas tecnologías y su mantenimiento?, ¿acaso las transnacionales mineras?, o la sociedad a través de los gobiernos que firman convenios para mitigar el CC y al mismo tiempo legislan para permitir tales prácticas que destruyen sumideros naturales para sustituir su función con máquinas artificiales, elaboradas en la base de esa misma destrucción.

Es evidente que el progreso económico sigue estando por encima de la protección ambiental y del bienestar social, el fracking y el extractivismo minero son prácticas que deberían erradicarse, porque no son sustentables y entorpecen los objetivos del informe IPCC 2018 y de la Agenda 2030, de garantizar la seguridad alimentaria, el agua, la disminución de riesgos climáticos, mejorar la salud y los servicios ecosistémicos, entre otros. La dificultad para disminuir el riesgo y la vulnerabilidad al CC, y para revertir la crisis ambiental en su conjunto, puede encontrarse en las características predominantes en la sociedad que somos ahora.

Zemelman decía que en el auge de la sociedad del conocimiento se estaba dando un proceso paralelo al discurso educativo que generaba, lo que denominó "un sujeto mínimo", caracterizado por ser un sujeto muy informado pero pasivo y desinteresado, se trata de un sujeto que piensa sin actuar y actúa sin pensar, lo que evidencia un pensamiento y acción cargados de un mecanicismo propicio, que obstaculiza los cambios en los valores de la cultura prevaleciente y, por el contrario, la reproduce y conserva (Zemelman, 2000; en Terrón, 2010).

En ese sentido, parafraseando a Bauman (2007), puede decirse que nos encontramos en una sociedad:

- Mecanizada dedicada a la máxima producción y al máximo consumo material.

- Dirigida robóticamente a cubrir sus necesidades materiales y de entretenimiento, eliminando su sentido crítico y autocrítico.

- A la que pasiva y dócil, se le impone entrar en el engranaje de la economía global en plena expansión hacia todo el planeta, sin visibilizar su impacto ambiental planetario y su responsabilidad.

De esa manera, los intereses del mercado que dominan la economía y la política provocan, que el planeta esté cada vez más afectado ecológica y humanamente, ya que, a través de diferentes medios se manipulan las emociones de los ciudadanos, para entrar de manera irreflexiva en el consumo de las tecnologías -en obsolescencia permanente-, de comida chatarra: rápida enlatada, embotellada y todos esos productos que en su proceso de producción y desecho generan daño ambiental, incluyendo emisiones de GEI que aceleran el CC.

Las comunidades remotas no escapan a ello, profesores y sabios comunitarios indígenas que han sido entrevistados en las investigaciones, comentan que los productos chatarra se están introduciendo en sus comunidades, obligando a que la población cambie sus formas de vida y alimentación saludables, por otras que dañan su salud y que están generando problemas de basura y deterioro de su entorno. Ellos consideran esto, como un problema que debería informarse con seriedad a la población de las comunidades, a fin de que se concienticen y tengan elementos para discernir y tomar decisiones pertinentes en lo que consumen.

A la dificultad para promover que la población contribuya en la prevención del riesgo y la disminución de la aceleración del CC desde el sector educativo u otros sectores sociales, académicos, organizaciones civiles, se adiciona el modelo educativo instituido por el Sistema Educativo Nacional en México, debido a que su enfoque sirve al afianzamiento de la cultura del eurocentrismo colonizante de Occidente y de la globalización mercantil, a través de enfoques educativos que privilegian en el caso de la educación básica las competencias, estándares de aprendizaje y aprendizajes clave,

enfocados al desarrollo de capacidades para el *"trabajo"* principalmente.

Aunque el discurso educativo alude la multiculturalidad existente en México, en el fondo se pierde de vista que somos un país diverso, no sólo en lo biológico, sino también en lo cultural, lo social y lo económico, y lo que se está formando mediante ese modelo educativo son sujetos estandarizados, fragmentados, descontextualizados, individualistas, egoístas, con elementos mínimos para afrontar la vida y su cuidado en convivencia armónica con la naturaleza, con los otros y consigo mismos, lo que, además, los inmoviliza.

La fragmentación del conocimiento se consolida en el modelo curricular por asignaturas porque aunque se afirme la inclusión de contenidos oficiales transversales, como los del ambiente -incluyendo el CC-, la interculturalidad, los derechos humanos, entre otros; éstos se trabajan linealmente conforme a la lógica disciplinar. Por ello, la parcelación del conocimiento en disciplinas, se traduce en un obstáculo para construir un conocimiento integral de todo problema ambiental y sus posibles soluciones, debido a que en los contenidos disciplinares se prioriza el objetivo de aprender la ciencia y los conceptos científicos, pero no el estudio de la realidad; no obstante, que se enfatice que se ligan con la realidad y la cotidianeidad de los estudiantes, en los hechos la realidad se parcela conforme a la lógica disciplinar. [2]

La tendencia de la fragmentación y la desinformación sobre el CC, se observa en los resultados de las investigaciones realizadas sobre las *representaciones sociales (RS) de la EA y el CC en universitarios y profesores de educación primaria.* [3]Los resultados sirven para identificar la desinformación sobre el CC en el pensamiento de los jóvenes y de los profesores, quienes desconocen el sistema climático y su dinámica. Predomina en ellos una idea fragmentada del mundo, conocen el impacto del fenómeno, pero poco las causas naturales y sociales que lo originan, visibilizan el impacto primordialmente en la naturaleza y les es difícil identificar la interdependencia y las correlaciones que existen entre la economía, la política, la cultura y la sociedad en su conjunto, con la naturaleza y el CC (Terrón, Sánchez-Cortés y Bahena, 2016).

Investigaciones llevadas a cabo con estudiantes universitarios en otras instituciones de la Ciudad de México y del estado de Veracruz, (véase: Correa, 2012; González y Maldonado, 2013; Terrón, Sánchez-Cortés y Bahena, 2016, Terrón, 2017, entre otros), tienen resultados similares a los nuestros, particularmente en las RS distorsionadas:

- La mayoría enfoca más el impacto del fenómeno al medio natural que al social y desconoce los riesgos locales y de país que representa el fenómeno.
- Quienes identifican el problema del CC lo ven como algo lejano.

2 Respaldamos lo señalado, en los hallazgos de nuestras investigaciones, en nuestra experiencia docente con profesores y estudiantes universitarios y en el análisis que hemos realizado con nuestras y nuestros tesistas, de los planes, programas de estudio y libros de texto de educación básica.

3 Las preguntas realizadas en las entrevistas y en la aplicación de instrumentos fueron abiertas.

- Estudiantes y profesores aunque son los menos creen que:
- ✓ La capa de ozono ocasiona el CC.
- ✓ Que el CO2 genera el agujero de la capa de O3 y provoca la entrada de los rayos ultravioleta
- ✓ Que el CO2 es una capa que impide la entrada de los rayos ultravioleta.
- ✓ Que la capa de ozono provoca el deshielo de los polos y que por el deshielo de los polos ocurre el CC.
- ✓ Que la lluvia ácida se debe al CC.
- ✓ Que la contaminación del agua tiene relación con el CC.
- ✓ Que el CC se da por los químicos que empresas vierten y dejan correr sobre ríos y mares. Esta creencia está presente tanto en los profesores entrevistados de la Ciudad de México como los de una escuela ubicada en una comunidad indígena del estado de Chiapas.

La desinformación y el desconocimiento son rasgos del momento actual, esa situación complejiza las iniciativas para prevenir y disminuir el riesgo y la vulnerabilidad al CC; en ese sentido, la poca información o desconocimiento del CC contribuye a la indiferencia y a la resistencia de las personas para realizar los cambios en sus estilos de vida y en su forma de relacionarse, la cuestión es que tampoco se dan cambios sustantivos en la economía, en las instituciones, en las empresas o en las políticas gubernamentales, de acuerdo con González y Meira (2009) esta situación tiene que ver con los procesos de socialización del problema.

La posibilidad de disminuir las emisiones de GEI que aceleran el CC y de generar cambios de comportamiento a favor de su mitigación y protección del sistema climático, exige que la sociedad tome consciencia de que la crisis actual del CC verdaderamente existe, de los riesgos para la vida, de cómo está afectando a las poblaciones y a las personas; esa toma de consciencia concierne a una educación que posibilite comprender su complejidad, sus manifestaciones, su impacto socioambiental y, primordialmente, los factores naturales y sociales que lo originan; es decir, no sólo su estado físico, sino también la influencia en su aceleración de las causas antropológicas; particularmente: el interés económico, la ética, la cultura, la política, el poder, la fuerza, la educación; así como las vías para revertir el problema y poder afrontarlo dignamente.

El conocimiento que se necesita para comprender, prevenir y transformar los problemas del ambiente incluyendo al CC es de carácter globalizador y crítico. Para la comprensión de los problemas ambientales no es suficiente, como señala Zabala (2014), con dejar en los estudiantes una copia del conocimiento científico y de una realidad fragmentada; además de ello, se necesita del conocimiento disciplinar en el que se incorpore un espacio curricular con enfoque globalizador que por medio de una perspectiva metadisciplinar, permita utilizar los procedimientos e instrumentos procedentes de perspectivas como la transdisciplinariedad, para comprender y afrontar

de mejor manera los problemas ambientales. La EA puede ser ese espacio curricular transdisciplinario en el currículum de todos los niveles educativos.

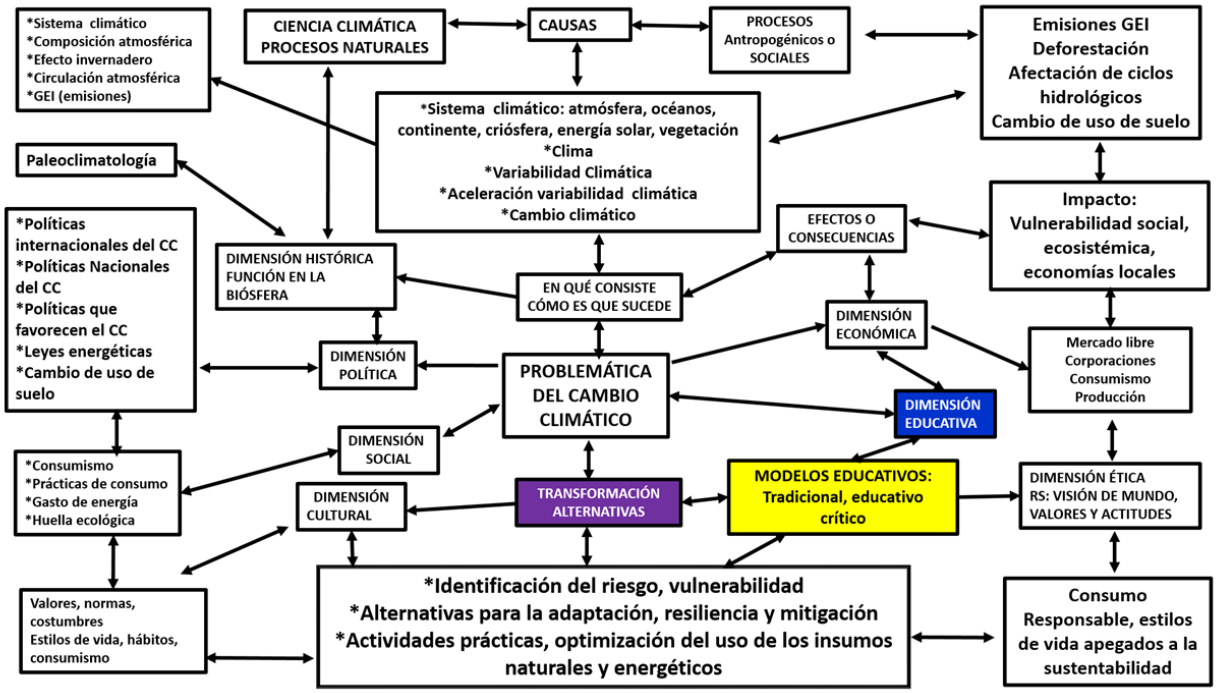
Los problemas del ambiente incluyendo el CC son problemas de la realidad compleja en que vivimos y su carácter es local-planetario-local, lo que, de acuerdo con Morin, *et al.* (2003), no puede estudiarse aisladamente, sino en sus interacciones e interdependencias, porque el estudio de la complejidad conlleva una nueva forma de comprender la realidad. Lo que en el caso del CC deberá posibilitar comprender su origen emergente de las relaciones, interacciones e interdependencias de carácter biofísico, social e histórico, asociadas a la interdependencia de los seres humanos con la naturaleza en un momento clave del desarrollo humano, caracterizado por la industrialización, la globalización de la economía y sus prácticas mercantiles, en lo que se distinguen las prácticas productivas, la cultura consumista y los valores instrumentales.

Sin duda alguna el problema del CC es un área de atención para la EA, el reconocimiento de la relación sociedad-naturaleza en el origen de los problemas ambientales y su complejidad, condujo a la emergencia de la EA y a transformaciones epistemológicas no sólo en una nueva cultura científica en la investigación, sino también en el ámbito académico, en la pedagogía, en la educación y su proceso educativo (Véase: Ángel, 1989; Leff, 2003 y 2009, entre otros). Lo ambiental implica la complejidad, la dinámica planetaria de los problemas ambientales que, como el CC resultan de la relación sociedad-naturaleza y los valores de aquella; en dicha dinámica los problemas ambientales se interconectan, se nutren unos de otros, por lo que, el enfoque educativo de la EA conlleva una forma diferente de comprender la realidad, aporta elementos para pensar y actuar con visión planetaria en la mejora del mundo en que vivimos.

La visión sistémica, el conocimiento disciplinar, la interdisciplina y la transdisciplinariedad, son medios epistemológicos y metodológicos en los que se apoya la EA, para el desarrollo de los procesos de comprensión y toma de consciencia de la complejidad del CC, posibilitan el estudio de las relaciones e interconexiones de las causas que generan dichos problemas y de su impacto en contextos diversos locales, regionales y a nivel planetario, reconociendo su recursividad; y, ese conocimiento puede servir de sustento en la toma de decisiones sobre vías de solución posibles, en contextos diversos, con sujetos diversos y con participación social crítica.

La transdisciplinariedad comprende, "como el prefijo "trans" lo indica, lo que está, a la vez, entre las disciplinas, a través de las diferentes disciplinas y más allá de toda disciplina. Su finalidad "es la *comprensión del mundo presente,* y uno de sus imperativos es la unidad del conocimiento" (Nicolescu, 1996, p. 37), como la EA la transdisciplinariedad da paso a una era en la cual es posible una epistemología que rescata al sujeto, lo ecológico, lo social y cultural, la comprensión humana, la espiritualidad, lo sagrado, la heterogeneidad, la interculturalidad y la importancia de una comunicación transcultural. (Ver Figura 1)

Figura 1. De la transversalidad a la transdisciplinariedad de la educación sobre el cambio climático



Fuente: elaboración propia

El CC como los problemas ambientales es un de carácter emergente y de nuevo tipo; es planetario, complejo y sistémico, expresado en su tejido y entrecruzamiento: "todos los sistemas ecológicos y humanos implicados en él, se están viendo o se verán afectados por su impacto y consecuencias a corto, medio y largo plazo" (Meira, 2009, p. 72, Naciones Unidas, 2018, Informe IPCC, 2018).

Desde la perspectiva de la EA habrá de entenderse que el CC es planetario porque el sistema del que emerge y que a la vez impacta, es el planeta; es complejo, porque se produce en el tejido de las relaciones, interacciones e interdependencias entre los seres humanos con la naturaleza y su dinámica planetaria; es sistémico, porque emerge en el contexto de esa totalidad organizada implicada en la relación sociedad naturaleza y su dinámica planetaria, así como por su impacto global recursivo.

Por ello, el reto principal de la EA para contribuir en la desaceleración del CC es primero propiciar la consciencia crítica del fenómeno, lo que exige:

a) enseñar a pensar su complejidad en el marco de la dinámica planetaria; y,

b) favorecer el aprendizaje de esa complejidad;

La conjunción de estos elementos, haría factible la posibilidad de que las personas opten por los cambios que se necesitan, para afrontar de mejor manera el problema socioambiental implicado en el CC y, realizar acciones para erradicar sus causas antropogénicas, adaptarse[4] y mitigarlo, de manera sistémica; pues no basta, como lo plantea el Reporte del IPCC y la Agenda 2030 con adaptarse y mitigar es, necesario e indispensable cambiar el estado de cosas que originan el problema.

El conocimiento planetario de la dinámica del CC incluyendo sus causas antropogénicas, son una base para sopesar y pensar alternativas de solución integrales, pues se requiere de éstas para prevenir y mitigar el fenómeno, con niveles de responsabilidad justos y equitativos en cada sector social, buscando formas de asegurar el compromiso real del cumplimiento de su responsabilidad. Es por ello que una de las alternativas educativas para la toma de consciencia del CC y de todo problema ambiental es la EA, en tanto que se enfoca al conocimiento y a la transformación de problemas de la realidad ambiental, tomando como base el estudio de su complejidad con juicio crítico reflexivo y con visión planetaria.

Ello, requiere establecer un diálogo crítico, complejo e intercultural que permita pensar la complejidad del problema, sus determinaciones económicas, sociales, culturales, políticas y educativas, poniendo en práctica una ecología de saberes (Sousa, 2011) mediante procesos inter y transdisciplinarios, factibles de favorecer la construcción de una cultura ambiental reflexiva y crítica, emancipada y emancipadora, que nos mueva a despojarnos de los valores del eurocentrismo que devienen la crisis ambiental y a pensarnos, parafraseando a Romero (2015), desde nosotros no como nos piensan otros: consumidores compulsivos, servidumbre del capitalismo, cuyas decisiones las toman otros, haciéndonos pensar que eso es lo correcto.

Ese diálogo implica superar los obstáculos que impiden una alternativa civilizatoria diferente, en la que tengamos libertad de tomar postura y decisiones sobre la propia vida y lo que necesitamos para garantizar la supervivencia de la especie y del planeta, actuando en consecuencia. En eso es útil el diálogo intercultural y las metodologías propuestas para lograrlo.

Lo que de acuerdo con Alcalá (2012), comprende el seguimiento de una estrategia educativa articulada al contexto propio de las comunidades, que implique a los miembros de éstas en los procesos de identificación de sus saberes sobre los cambios que perciben, sus afectaciones y los riesgos que corren, en los procesos de organización y decisión para afrontarlos y prevenirlos; así como, en la gestión para asegurar los cambios de las relaciones y acciones que aceleran el fenómeno y que les afectan directamente.

4 Desde la adopción crítica y reflexiva del concepto.

Un proceso educativo que a la luz de la EA otorga importancia al desarrollo humano, a la comprensión intercultural, a los cambios profundos en las formas y estilos de vida de las personas; en el caso concreto del CC, para comprometerlas con su mitigación y adaptarse a los cambios que les impone, así como para convivir de manera armónica con la naturaleza, con los otros y consigo mismas, en el marco de la justicia climática y social.

CONSIDERACIONES FINALES

La EA está en el centro de las tensiones de los valores que sostiene el mercado a través de los medios de comunicación, incluso educativos y los valores que se necesitan para transformar con consciencia crítica las acciones que inciden en la aceleración del CC y de la crisis ambiental en general.

La Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible (DS), a la que alude el informe IPCC 2018, se erige como un instrumento a favor del desarrollo humano sostenible, en todo el planeta; en ese sentido, establece prioridades como la erradicación de la pobreza, la modificación de pautas insostenibles de producción y consumo, la protección del planeta y aseguramiento de la prosperidad para todas las personas; ponderando la paz, la seguridad, la estabilidad y el respeto a los derechos humanos y las libertades fundamentales (Naciones Unidas, 2018). El problema es que, en esa Agenda 2030, se deja la responsabilidad de solventar el problema a la sociedad civil y, ¿la responsabilidad empresarial?

Hay que comprender y afrontar el CC en el marco de la crisis ambiental global, donde el mismo sistema mercantil lo profundiza y su impacto es contextual e impredecible, por ello, no basta con aprender acciones para mitigarlo y adaptarse a sus vaivenes; de la misma forma que la crisis ambiental, se necesita estudiarlo en su naturaleza multidimensional sistémica y multifactorial –civilizatoria-, toda vez que se trata de un fenómeno propiciado principalmente por la actividad productiva industrial, por decisiones políticas al servicio de intereses mercantiles, y por imposiciones ajenas, tanto culturales como educativas, que trastocan la integridad de los ecosistemas y de la población, para tener elementos que sustenten la gestión de los cambios indispensables, teniendo en cuenta la responsabilidad de cada sector.

Dicha Agenda apuesta, que el crecimiento económico con visión social y ecológica, resolverá el problema ambiental y de desigualdad social. Sin embargo, esa perspectiva que se viene sustentando desde la década de los ochenta, conserva en la base del término sostenibilidad, la ideología del desarrollismo, el consumismo y el crecimiento exponencial del capital, teniendo como insumo bajos salarios, los bienes comunes para la vida, y el desconocimiento de la degradación socioambiental que genera, incluyendo el despojo, el desplazamiento y la herencia de la contaminación y de la pobreza.

Pensar en revertir y afrontar el CC y su inmanente impacto bio-socio-cultural, principalmente en zonas vulnerables y pobres, tiene como reto construir una consciencia crítica y política de la crisis ambiental y de todo problema ambiental, de las causas que la originan (ya sea CC, pérdida de biodiversidad, uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes en la agricultura, entre otros), a través de metodologías globalizadoras, integradoras y dialógicas, de carácter horizontal que permitan romper con los sistemas de pensamiento dominantes, autoritarios y lineales, y con el consumismo irracional; lo que, de acuerdo con Morin y Delgado (2016) debe comenzar por nosotros mismos y por una educación que haga posible aprender a vivir en nuestro tiempo.

En el proceso educativo del CC nos enfrentamos, parafraseando a Bourdieu, a que se está dando en el marco de un espacio en el que, en los actores de la sociedad en su conjunto influyen los intereses de las estructuras dominantes del mundo con las que compite inevitablemente la EA; ya que tales estructuras influyen a través de múltiples medios, en la conformación y orientación de las representaciones de los actores sociales y sus prácticas, propiciando la generación de *habitus*, no precisamente responsables con el cuidado del medio de vida. De ahí que a la EA le compete contribuir a desaprender el *habitus*, que según Bourdieu es posible reconsiderar y transformar al develarlo y decodificarlo con juicio crítico, identificando su sentido y significado, en el marco de sus determinaciones (Bourdieu, 2000).

Eso implica, tomar consciencia crítica del problema mediante un proceso educativo reflexivo significativo. Al respecto, es necesario impulsar propuestas educativas más sensibles a los intereses y preocupaciones de los jóvenes, y también más auto-reflexivas. Uno de los retos es realizar conexiones significativas para asumir responsabilidades vinculadas a las causas y soluciones.

Desafortunadamente, la posición del DS es ambigua, las orientaciones de la agenda para alcanzarlo se utilizan más como un medio para garantizar el crecimiento económico, sin cuestionar que ese modelo sustenta la concentración de la riqueza por el 1% de la población mundial, y se traduce en: desigualdad, retroceso, pobreza y daño planetario.

Si el fin de quienes elaboraron la Agenda 2030 es garantizar que el crecimiento económico con visión social y ecológica, a través del DS resuelva el problema ambiental y de desigualdad social; realmente se encaminaría a ello, si exige a los dueños de la economía que verdaderamente se responsabilicen de distribuir equitativamente la riqueza, de tal forma que se puedan erradicar los niveles existentes de pobreza extrema y la desigualdad social, de respetar y resarcir los daños planetarios que ocasionan en el medio de vida, incluyendo el daño a las comunidades indígenas y campesinas, cuya vulnerabilidad al CC es grande.

El cambio es un gran desafío, ya que cambiar los actos, costumbres y la cultura que dañan la vida, implica un cambio en la forma de pensar, de sentir y de actuar. En la práctica la circunstancia de poder mediático, de control y dominio que envuelve

al mundo, nos rebasa, en tanto que, en los hechos, nuestra sociedad se encuentra en un estado pasivo, desinteresado y desorganizado, aunque también podrían hacer lo contrario.

En el caso de la escuela, una posibilidad sería empezar desde las aulas a generar una nueva forma de pensar, que les permita examinar el mundo considerando las relaciones e interdependencias entre lo natural y lo social, con una actitud responsable ante la vida y un código moral de auto regulación y mesura, orientado a fortalecer y afianzar la convivencia planetaria participativa.

Transformar el *habitus* implica que en ese proceso educativo se propicie al mismo tiempo la tarea de develar y decodificar el *habitus*, identificando con juicio crítico su sentido y significado en el marco de sus determinaciones como una posibilidad, para que pueda ser reconsiderado y transformado (Bourdieu, 2000), esto es, tomar conciencia del mismo mediante un proceso educativo reflexivo significativo. Entendemos con Bourdieu, que a través de develar el *habitus* y la forma en que se va imponiendo de manera inconsciente se puede transformar, porque el *habitus* no es permanente ni estático y aunque retiene cosas pasadas, va cambiando y puede cambiarse de manera intencional en las diferentes etapas de la vida (Bourdieu, 2000).

Así que, el problema que se plantea a la EA no es sólo la cuestión de la enseñanza de la complejidad de la crisis ambiental y del CC, sino también la complejidad del proceso formativo, en el que es necesario construir un tejido epistemológico que contribuya a potenciar cualidades y estructuras de carácter humano para el entendimiento de la complejidad de la realidad ambiental y las raíces de la crisis ambiental , en cuya solución convergen intereses sociales de poder y de fuerza, políticos, económicos, éticos, culturales y educativos, que se necesitan develar para generar posibilidades de cambio.

De acuerdo con Carr y Kemmis (1988), hay mucho por hacer, pero también es claro que el logro de ese cambio educativo no se garantiza sólo con la educación ya que el problema es estructural y, ese cambio está necesariamente condicionado a la concurrencia de otros factores que deben suceder de manera coincidente con la educación. Por ejemplo, el cambio del modelo económico de desarrollo, una política de los gobiernos que realmente sirva a su sociedad, mejores niveles de vida de la población, de salud física y psicológica, convergiendo con ello una verdadera democracia, educación, paz, justicia social, equidad y la sustentabilidad como prioridades sustantivas.

FUENTES DE CONSULTA

Alcalá, R., Becerra, R., Camarena, P., Dettmer, J., García, I., Gastélum, M., Gómez, M.C., Gómez, M. de Hoyos, A., Lazos, L., Mora, G., Murguía, A., Navia, J., Olivé, L., Tovar, M. & Velasco, A. (2012) Problemas epistemológicos y ético-

políticos de los conocimientos tradicionales. En: A. Argueta, Gómez, M. y Navia, J. (Coord.). *Conocimiento tradicional, innovación y reapropiación social*. (pp.19-53). México: UNAM/Siglo XXI.

Ángel, M. A. (1989) *Hacia una Sociedad Ambiental*. Bogotá: El Labrador.

Bauman, Z. (2007) *Los retos de la educación en la modernidad líquida.* Buenos Aires: Gedisa.

Beck, U. (1998) *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. España: Paidós.

Bourdieu, P. (2000) *Espacio social y poder simbólico. En cosas dichas.* Barcelona: Gedisa.

Carr, W. & Kemmis, S. (1988) *Teoría crítica de la enseñanza*, Barcelona: Martínez Roca.

Correa, I. (2012) Cambio climático y representaciones sociales entre estudiantes de educación superior. En B. Ortiz y Velasco, C. (Coord.). *La percepción social del cambio climático,* (pp. 108-122). México: Universidad Iberoamericana Puebla y Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Dryzek, J.C., R.B. Norgaard & D. Schlosberg. (2012) Climate change and society: approaches and responses. En: *The Oxford handbook of climatic change and society*. (pp. 3-20). Great Britain: Oxford University Press.

González, G. É. & Maldonado, G. A. L. (2013) *Los jóvenes universitarios y el cambio climático. Un estudio de representaciones sociales.* México: Universidad Veracruzana.

González, G. É. & Meira, P. Á. (2009) Educación, comunicación y cambio climático, resistencias para la acción responsable. *Revista Trayectorias*. 11(29): 6-38.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018) *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* Switzerland. Recuperado de https://www.ipcc.ch/sr15/ Recuperado 27 de mayo de 2019

Klepp, S. & L. Chávez-Rodríguez. (2018) Governing climate change: the power of adaptation discourse, polices and practices. En: *A critical approach to climate change adaptation. Discourses, policies and practices.* (pp. 3-34). Routledge: Londres y Nueva York.

Leff, E. (2015) De la multi a la inter y la transdisciplina: especializaciones e hibridaciones entre ciencias sociales, ciencias ambientales y ecología humana. En: A. Argueta & Peimbert, G.A., (Coord.). *La ruptura de las fronteras imaginarias*

o de la multi a la transdisciplina. (pp. 41-59). México: UNAM/CRIM/Siglo XXI.

Leff, E. (2009) *Racionalidad Ambiental, la reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI.

Leff, E. (2003) Pensar la complejidad ambiental. En: *La complejidad ambiental*. (pp. 7-53). México: Siglo XXI.

Meira P., Arto, M., Heras, F., Iglesias, L., Lorenzo, J.J. & Montero, P. (2013) *La respuesta de la sociedad española ante el cambio climático 2013*. España: Fundación MAPFRE, Instituto de Prevención, Salud y Medio Ambiente.

Mirenda, C. & Lazos, E. (2018) Miradas críticas de los paradigmas normativos de adaptación y resiliencia en los discursos de cambio climático. En: P. C. S Avzaradel & Parola G. (coords.). *Cambios climáticos, tratados Ambientales, constituciones y derechos humanos*. (pp. 39-72). Brasil: Universidad Federal Fluminense.

Morín, E. (1999) *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. México: UNESCO.

Morin, E. & Delgado C. (2016) *Reinventar la educación. Abrir caminos a la metamorfosis de la humanidad*. México: Multiversidad Mundo Real.

Meira, C., P. Á. (2009) *Comunicar el Cambio Climático. Escenario social y líneas de actuación*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Morin, E., Ciurana, R. & Motta, R. D. (2003) *Educar en la era planetaria.* Barcelona: Gedisa.

Naciones Unidas. (2018) *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3). Santiago:de Chile.

Nicolescu, B. (1996) *La transdisciplinariedad*. México: Multiversidad Mundo Real.

Polsky, C & Eakin, H. (2012) Global change vulnerability assessments: definitions, challenges, and opportunities. En: Dryzek, J.C., R.B. Norgaard & D. Schlosberg. (Eds.). *The Oxford handbook of climatic change and society*. (pp. 205-216). Great Britain: Oxford University Press.

Rawls, J. (1971) *A Theory of Justice*. Cambridge: Harvard University Press.

Romero, G. S. (2015) La crisis civilizatoria y el establecimiento de un nuevo diálogo complejo-intercultural y emancipatorio sustentado en la decolonialidad y el género. En: P. G. Arroyo, & Ballesteros, P. C. (Coord.). *La complejidad paradójica del mundo contemporáneo.* México: UNAM.

Roy, J., Tschakert, P., Waisman, H., Abdul Halim, S. Antwi-Agyei, P., Dasgupta, P., Hayward, B., Kanninen, M., Liverman, D., Okereke, C., Pinho, P. F., Riahi, K, & Suarez, A. G. (2018) 5. Sustainable development, poverty eradication and reducing inequalities. En: V. Masson-Delmotte, Zhai, P., Pörtner,H. O., Roberts, D. , Skea,

J. , Shukla, P.R,, Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C. Pidcock, R., Connors, S. , Matthews, R. B. R. , Chen, Y. , Zhou, X. , Gomis, M. I. ,Lonnoy, E. , Maycock, T., Tignor, M. Waterfield, & T. (Eds.).*Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* Switzerland. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter5_Low_Res.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Sánchez-Cortés, M.S. & Lazos, E. (2011) Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico. *Climatic Change*, 107(3):363-389.

Steffen, W. (2012) A truly complex and diabolical policy problem. En: Dryzek, J.C., R.B. Norgaard & D. Schlosberg (Eds). *The Oxford handbook of climatic change and society*. (pp. 21-37). Great Britain: Oxford University Press.

Sousa, S. B. De (2011) Introducción y Más allá del pensamiento abismal: de las líneas globales a una ecología de saberes. En: *Una epistemología del Sur* (pp. 160-209). México: SXXI.

Tedesco, J. C. (2010) *Educar en la sociedad del conocimiento.* México: FCE.

Teitelbaum, A. (1978) *El papel de la educación ambiental en América Latina.* París: UNESCO.

Terrón, A.E. (2010) *Educación Ambiental. Representaciones sociales y sus implicaciones educativas*. México: UPN.

Terrón Amigón, E., Sánchez Cortés, M. S., & Bahena Arce, D. G. (2016) El pensamiento de los jóvenes sobre el cambio climático: el camino pendiente de la educación ambiental. En: A. Espejel y Calixto, R. (Coord.). *Educación, jóvenes y ambiente.* (pp. 73-101). México: UAT/UPN.

Terrón, A.E. (2017) Educación ambiental y cambio climático. Representaciones sociales de los universitarios. En: R. Calixto (coord.). *Investigaciones educativas en torno al cambio climático*. (pp. 77-96). Ciudad de México:UPN.

Torres, S. J. (2019) *Políticas educativas y construcción de personalidades neoliberales y neocolonialistas*. México: Morata.

UNESCO (1977) *Tendencias de la educación ambiental*. París: ONU.

UNESCO (1980) *La educación ambiental. Las grandes orientaciones de la conferencia de Tbilisi*. París: UNESCO.

Zabala, V. A. (2014) *Enfoque globalizador y pensamiento complejo. Una propuesta para la comprensión e intervención en la realidad*. México: Graó.

Zemelman, H. (2000) Educación y conciencia histórica. *Revista Educación Acción*, 1(8)

Capítulo 16

¿Podremos hacer algo? Reflexiones filosóficas sobre la Historicidad y posibilidad de la acción humana frente a la catástrofe climática

Luis Ricardo Fernández Carril

RESUMEN:

El más reciente reporte del IPCC advierte que la humanidad tiene poco más de una década para hacer cambios rápidos, profundos y sin precedente en la historia para evitar la catástrofe climática. Frente a esta situación es importante preguntarnos: ¿Los cambios requeridos implican cambiar al ser humano? Y aún de forma más importante podemos preguntar ¿Podemos hacer algo al respecto? ¿Podemos cambiarnos a nosotros mismos? Preguntarnos por la posibilidad de hacer es preguntarnos por la naturaleza misma del ser humano. Puesto que en la posmodernidad se rechaza toda noción de naturaleza/esencia humana, quedan dos caminos por recorrer: su historicidad y su libertad. Se explorarán ambas perspectivas para intentar das respuesta a la situación expuesta.

Palabras clave: Antropoceno, cambio climático, filosofía

ABSTRACT

The latest IPCC report warns that humanity has little more than a decade to make rapid, profound and unprecedented changes in history to avoid climate catastrophe. Faced with this situation it is important to ask ourselves: Do the changes required involve changing the very nature of humanity? And even more importantly we can ask: Can we do something about it? Can we change ourselves? To ask about the possibility of being able to face the challenge is to ask ourselves about the nature of humanity. Since all notion of human nature / essence is rejected in postmodernism, there are two ways to explain human nature philosophically: historicity and possibility. Both perspectives will be explored to try to answer to the aformentioned challenge.

Keywords:Anthropocene, climate change, philosophy

INTRODUCCIÓN

Antonio Guterres, entre otros, se ha referido a la situación frente al cambio climático como una “amenaza existencial”. Esto significa un evento con el potencial de cuartar

la existencia misma del ser humano. Ante esta situación, debemos detenernos un momento a reflexionar qué significa tal cosa: una amenaza a la existencia.

Frente a esta situación, la "amenaza existencial" puede tomar una dimensión mucho más amplia, cuando consideramos que no sólo el cambio climático es de origen antropogénico, sino que, además, a sabiendas de la magnitud del riesgo, no se hecho ni se hace lo suficiente para evitar la catástrofe.

Esto nos lleva no sólo a reflexionar sobre la amenaza existencial, sino a cuestionar la crisis existencial que origina y se deriva de la crisis a la que nos enfrentamos en el presente. ¿Cómo es que llegamos a esta situación? Y de forma más importante, no es tan relevante la pregunta "¿Hay suficiente tiempo para hacer algo?", sino incluso hay que ir más atrás y preguntarnos "¿Haremos algo al respecto?" Esta es la pregunta sobre la que tenemos que reflexionar y que desafortunadamente, la respuesta no es un "¡Sí!" automático, contundente y confiado, sino que se trata de una pregunta a la que se le sigue un silencio incómodo, incierto.

Frente a la crisis del cambio climático, muchas personas, incluso sabiendo que cada vez nos acercamos más al peor escenario y panorama catastrófico, tiene cierta fe en la humanidad en que actuará, ya sea por el bien de la humanidad, filantropía y altruismo, o por simple utilitarismo y conveniencia, pero a fin de cuentas actuará. Será su gran virtud, su ingenio y capacidad inventiva a través de algún invento tecnológico que resuelva como panacea el problema por completo, o la búsqueda del bien personal que ultimadamente lleva al bien común, pero logrará solventar este y cualquier otro reto. Sin embargo, nada de lo anterior es garantía. No es un hecho dado y garantizado *a priori* que el ser humano actuará o que lo hará a tiempo para evitar la catástrofe. Esto es algo importante que hacer explícito, no es evidente, ni garantizado que el ser humano actuará para preguntarnos por el tiempo que tenemos, sino si es posible que el ser actúe en primer lugar.

El objetivo de este análisis filosófico es mostrar que

1) No hay ninguna garantía de que actuemos, solo una posibilidad, así como también es una posibilidad que la humanidad destruirá el planeta; y

2) La historia demuestra que esta ha sido la norma y no la excepción, desde la prehistoria hasta el momento actual.

De esta manera, el punto principal es cuestionar nuestra fe en la humanidad y darnos cuenta de que no podemos dar por sentado que resolveremos el problema y observar que tenemos casi todo en contra de nosotros, arraigado en nuestra naturaleza, para no actuar realmente sobre el cambio climático. Quizás si nos sentimos menos seguros de que se resolverá el problema, podríamos comprender mejor lo que realmente se requiere para evitar una catástrofe.

¿PODREMOS HACER ALGO?

En octubre de 2018 se presentó el reporte *Global Warming of 1.5* por parte del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) a raíz de la invitación hecha en la COP 21 en el contexto del Acuerdo de París, de fijar la meta del aumento de la temperatura promedio de la Tierra en 1.5 grados centígrados. Por esta razón, se invitó al IPCC a elaborar dicho reporte, para informar sobre la viabilidad de conseguir la meta y las consecuencias de sobrepasar dicha meta.

El reporte del 1.5 el IPCC dice de forma técnica e impersonal:

> Pathways limiting global warming to 1.5°C with no or limited overshoot would require rapid and far-reaching transitions in energy, land, urban and infrastructure (including transport and buildings), and industrial systems (high confidence). These systems transitions are unprecedented in terms of scale, but not necessarily in terms of speed, and imply deep emissions reductions in all sectors, a wide portfolio of mitigation options and a significant upscaling of investments in those options (IPCC, 2018a:17)

Sin embargo, en la presentación del reporte en octubre de 2018, el presidente del IPCC, Hoesung Lee explica el reto frente a nosotros de forma más clara y concreta: "Limiting global warming to 1.5°C would require rapid, far-reaching and unprecedented changes in all aspects of society". (IPCC, 2018b)

Tanto el texto del reporte como las palabras mencionan algo importante: "se requiere cambios rápidos de gran alcance y sin precedentes". Sin embargo, hay un cambio importante en el fraseo de lo que sigue en ambos textos. Mientras que el texto del IPCC habla de forma impersonal y técnica en términos de índices de desarrollo, en la presentación, aunque parece ser más ambiguo o generalizante, Hoesung Lee, en realidad es más preciso en su fraseo: "En todos los aspectos de la sociedad".

Si eliminamos el lenguaje técnico detrás de la infraestructura, sistemas industriales, uso de suelo, portafolios de opciones de mitigación, etc., podemos observar que en realidad es más preciso el segundo lenguaje: Lo que se requiere, sin eufemismos técnicos son cambios profundos, rápidos y sin precedente en todos los aspectos de la sociedad. Al frasear de esta manera regresamos al agente al centro: la sociedad. El cambio climático es antropogénico, otro tecnicismo finalmente quiere decir: producto del ser humano, producto de la vida en sociedad.

Asimismo, el reporte también menciona lo siguiente:

> In model pathways with no or limited overshoot of 1.5°C, global net anthropogenic CO2 emissions decline by about 45% from 2010 levels by 2030 (40–60% interquartile range), reaching net zero around 2050 (2045–2055 interquartile range). For limiting global warming to below 2°C11 CO2 emissions are projected to decline by about 25% by 2030 in most pathways (10–30% interquartile range) and reach net zero around 2070 (2065–2080 interquartile range). (IPCC, 2018a:14)

Al hacer a un lado el lenguaje técnico, básicamente se afirma que para mantener la temperatura por debajo de los 1.5 grados centígrados, tiene que haber una reducción de gases de efecto invernadero de 45% para 2030. Esto da a la humanidad solamente 11 años para lograr una "transición rápida, de gran alcance y sin precedente en todos

los aspectos de la sociedad".

Ahora ¿qué significa tener 11 años para hacer cambios profundos, rápidos y sin precedentes en todo aspecto de la sociedad? ¿Cambiar de forma tan profunda y sin precedentes no implica acaso que entonces la humanidad tiene 11 años para dejar de ser lo que es, es decir, dejar de ser seres humanos? Si el hombre es lo que hace, ¿puede cambiar su actividad cambiar su ser? Lo que está en juego parece no ser una actitud, una actividad particular dañina, sino parece ser el modo de ser, un estar-en-el-mundo del ser humano en su generalidad.

Se podría implicar la totalidad de la actividad humana puesto que el cambio climático no es el único problema ambiental al que nos enfrentamos a la actualidad. El cambio climático se une, magnifica e interactúa de forma incierta con otra serie de problemas ambientales, como la extinción en masa de especies, la pérdida de suelo fértil, deforestación, océanos sobreexplotados, contaminación atmosférica y por uso excesivo del plástico entre otros, todos de origen antropogénico.

El impacto planetario es tal que a este tiempo se le ha denominado como "El Antropoceno", la época del ser humano, significando que el impacto antropogénico ha llegado hasta nivel geológico. Si es así, ¿entonces tenemos una década para dejar de ser humanos y transformarnos, trascender nuestra propia condición humana y evitar las peores consecuencias de la "época del ser humano"?

Así, frente a la premura, la situación en la que la humanidad se enfrenta actualmente, no tenemos sólo un reto de "portafolios de opciones de mitigación", sino tenemos frente a nosotros el más grande cuestionamiento y tal vez la respuesta final a una gran pregunta filosófica que se ha hecho a lo largo de la historia: ¿Puede el ser humano cambiar lo que es? Así, de forma más práctica y concreta, tal vez la pregunta no es si tenemos tiempo aún para actuar, sino: ¿Actuaremos? O incluso mejor: ¿Podemos actuar? ¿Es una condición de posibilidad cambiar el modo de ser del ser humano, la forma en que es en el mundo?

De esta manera, preguntarse por el cambio climático antropogénico, por el Antropoceno o por si actuaremos a tiempo no es sólo cuestión de hacer análisis de tendencias en energías renovables, proyecciones sobre la curva de emisiones, política internacional, cambio tecnológico, etc. Se trata de ver más allá, de observar el fenómeno de fondo. No se trata de "emisiones antropogénicas", ni tampoco del "desarrollo". Se trata del ser humano y de su actividad sobre el planeta, no ahora, no desde la línea base de 1850, sino desde que cruzó el valle del Rift y salió de África para dominar el mundo. Desde la extinción de la megafauna del Pleistoceno hasta la situación presente

Para enfrentar dicha pregunta, haremos una labor de antropología filosófica para regresar a preguntas fundamentales como "¿Qué es el hombre?" Esto nos llevará por un recorrido por una discusión filosófica en cuanto a la naturaleza/esencia de la humanidad.

En el pensamiento posmoderno actual, diversos filósofos rechazan la noción misma sobre una esencia/naturaleza humana, afirmando que el ser humano no tiene una esencia fija, inmutable; definir es limitar, por lo que escapa a la definición totalizante. Sin embargo, por otro lado, también reconocemos que hay alguno inconfundible en el

ser humano, que permanece. De ahí que:

> Preguntamos qué es el hombre y nos llegan de la historia innumerables respuestas. El hombre expresa su ser, y lo transforma al expresarlo. En cada momento es capaz de ofrecer alguna peculiaridad que, sinedo inesperada, es al mismo tiempo congruente con su ser. Ninguna definición o idea del hombre es completa, pero tampoco es completamente errónea: todas son de alguna manera definitivas, pues cada una realza un rasgo distintivo. (Nicol, 2003:11)

Frente a esto, el ser humano es visto comúnmente bajo dos perspectivas: 1) El ser humano no tiene esencia sino historicidad y 2) El hombre es posibilidad, libertad, esencia abierta.

De esta manera, para contestar a la pregunta: ¿Actuaremos? Se ofrece una revisión de las dos posturas referentes a la historicidad y a la posibilidad para dar respuesta tentativa a la pregunta más desafiante de los últimos tiempos.

COMO SER HISTÓRICO

La posición sobre el ser humano como ser histórico está basada en considerar que no hay una esencia fija en la humanidad, como se discutió por siglos, por pensadores griegos, cristiano y de la modernidad como Hobbes o Rousseau, cada uno con nociones diferentes sobre qué cuál es la idea o esencia del ser humano, pero con un elemento en común: la esencia es cerrada. Es una esencia/naturaleza inmutable al pasar de los siglos porque la esencia es ontológica, no circunstancial y contingente. Sin embargo, en tiempos recientes se habla de que lo que tiene el ser humano es historicidad, no esencia o naturaleza. Esto se puede entender de la siguiente manera:

> Ser humano significa ser en el tiempo o por lo menos contar con el tiempo. El hombre necesita del tiempo como aquello con que hace su vida. El tiempo, o mejor dicho la temporalidad—ya que este término remite a la idea de historicidad, que supone a su vez la de espacialidad— es algo anejo al ser del hombre, más aún es una nota de su esencia. La temporalidad pertenece pues al hombre como algo que le es propio. Prescindir de la temporalidad en la concepción del hombre es mutilarlo, desformarlo, es olvidar que las facultades del hombre se desenvuelven en el tiempo, porque la vida del hombre es ser en el tiempo, ser en el espacio. (…)Cuando se diga que el hombre no tiene naturaleza sino historia entenderemos, pues, como única interpretación legítima, que la naturaleza humana no es algo cerrado, estático, sino una naturaleza a la que es propio desenvolverse, vivir históricamente.(De Estrada, 1949:716-717)

Así, el punto central de esta argumentación es que el ser humano no es algo cerrado, perenne e inmutable, sino que se trata de un desarrollo, en el que no se puede entender la idea del ser humano sin tomar en cuenta su historia, como desenvolvimiento, no como una narrativa. De esta manera, es en la historia, donde entonces podemos encontrar características propias del ser humano que lo unen con todo el que ha sido hombre en el tiempo y el espacio. Por lo tanto, reflexionar sobre la esencia o naturaleza humana debe reformularse como identificar las características inherentes del ser humano que surgen a través de su desenvolvimiento histórico:

> Lo histórico del ser humano no sólo es una relatoría, lo es también de lo que los seres humanos han hecho sobre sí mismos, de su evolución. Su acción autogeneradora se encuentra guardada en su historia evolutiva donde se entrelazan y se ligan en unidad sus características. Autogeneradora, no en términos absolutos, los seres humanos no nos hacemos totalmente lo que somos, sino solo en el hecho de que nuestras características toman forma dentro del eje histórico. (Zavala Olalde, 2009:144)

Bajo esta perspectiva, el ser humano no tiene esencia fija, pero debe ser examinado a través de su actividad a través de los siglos, de su acontecer en la historia. De esta manera, examinemos históricamente la actividad del ser humano para poder contestar a las preguntas anteriormente formulada.

Asimismo, la visión de la historicidad no está alejada de la noción del *Zoon logon exon,* el ser de la razón. La historia no es devenimiento inconsciente, errático o caótico. El desarrollo histórico puede surgir, ciertamente, de eventos fortuitos y contingentes, pero también es creado y diseñado como un *telos* o fin último. Las metanarrativas del desarrollo de la humanidad desempeñan un papel fundamental en el diseño y destino de la actividad humana. Se trata de ideas, consciencia de sí, racionalidad y voluntad de poder para mover la humanidad en cierta dirección y cierto fin:

> Cuando se diga que el hombre no tiene naturaleza sino historia entenderemos, pues, como única interpretación legítima, que la naturaleza humana no es algo cerrado, estático, sino una naturaleza a la que es propio desenvolverse, vivir históricamente. De ahí también que la vieja fórmula que define al hombre como animal racional deba ser entendida en toda su amplitud y profunda significación. Ser animal racional, en efecto, quiere decir contar con el tiempo, pues no se puede razonar ni sentir sin contar con el tiempo. Pasar de una premisa a otra, conocer por el ministerio de los sentidos, deliberar, dejarse llevar por las pasiones o refrenarlas, formarse hábitos, etc., etc., todo aquello, pues, que cabe en un ser que es animal racional, requiere forzosamente el tiempo o el espacio, o ambos a la vez. La historicidad, pues, está virtualmente contenida en el concepto de animal racional. (Estrada, 1949:717)

De esta manera, bajo la concepción de la historicidad del ser humano, en pocas palabras tenemos la noción de que “el hombre es lo que hace”, es decir que el ser humano es lo que ha hecho a lo largo de su historia. De esta manera podemos examinar las acciones pasadas del ser humano en su relación con el planeta para cuestionar si es posible actuar en el presente frente al cambio climático a partir de la revisión de los hechos históricos relacionados.

El discurso ecologista a lo largo del siglo XX ha marcado a la sociedad industrial capitalista como responsable total o mayoritario de la crisis ambiental que vivimos en la actualidad. Y pese a que el nivel de devastación no tiene precedente histórico en ningún otro momento de la historia de la humanidad, presentar a la sociedad industrial capitalista como responsable total de la crisis parece decir implícitamente que dicha sociedad es una contingencia, como un fenómeno radical que irrumpe en una historia para desbalancear lo que antes permanecía en equilibrio.

En términos de ciencia climática, pese a no dirigir la responsabilidad al capitalismo, se establece la línea base donde comenzó la revolución industrial. Esto se da por dos motivos: Uno, es el momento donde comienza hasta nuestros días el

incremento exponencial de emisiones de gases de efecto invernadero y por otro lado, es el tiempo en que las mediciones de la temperatura global comenzaron.

Así, la línea base correspondiente al inicio de la revolución industrial embona bien con la narrativa que hace del capitalismo el gran responsable de la crisis ambiental actual. Mientras, por un lado, se culpa con dedo flamígero a la sociedad industrial capitalista, por otro lado se idealiza y romantiza las épocas anteriores, como si se tratara de un tiempo del "buen salvaje" de Rousseau que vive en armonía y equilibrio con la naturaleza. Está visión no sólo es errónea, sino ingenua.

De esta manera, si el hombre es su historia, entonces debemos ampliar la perspectiva y observar la actividad del ser humano previa a la revolución industrial, dejando atrás cualquier idealización de la sociedad preindustrial.

EL SER HUMANO DE LA PREHISTORIA Y LA ANTIGÜEDAD

Desde la extinción de la megafauna del Pleistoceno al colapso de civilizaciones de la antigüedad debido a la sobreexplotación de recursos, el ser humano tiene una larga historia de devastación del ambiente natural e insostenibilidad, muy anterior a la sociedad industrial.

Rousseau soñaba con la noción de un hombre bueno por naturaleza, el buen salvaje; aquel ser inocente, que no conoce la guerra ni la corrupción moral. No obstante, la prehistoria es uno de los casos donde más se idealiza a la humanidad. Nada más lejos de la realidad. Tan sencillo como preguntarse: ¿Por qué no hay mamuts en la actualidad? La respuesta no es una extinción natural, sino una causa antropogénica. No están porque el ser humano apareció, y así como el mamut, también con la mayoría de la megafauna del Pleistoceno:

> El exterminio de la megafauna en el Pleistoceno tardío debería considerarse realmente como el primer indicador de las amplísimas capacidades de los humanos modernos para modificar las especies y los ecosistemas del planeta (…) Los paleontólogos y antropólogos físicos reconocen ahora en general que la extinción en masa de la megafauna a fines del Caternario se produjo sin el impacto de catástrofes globales como un súbito cambio climático. En la mayoría de los casos, las extinciones de la megafauna comenzaron poco después de la llegada de los primeros seres humanos prehistóricos. Si comparamos el número de grandes mamíferos desaparecidos en los distintos continentes, hallamsos que Australia perdió el 94%, Norteamérica el 73%, Europa el 29% y el África sub-sahariana el 5%. (Bronswimmer, 2005:57)

De la misma manera, el ecólogo Franz Bronswimmer, en su libro *Ecocidio* (2005), narra cómo después de la prehistoria, el hombre de la Antigüedad no se encuentra tampoco en armonía con la naturaleza, pese a las idealizaciones modernas que se hacen, por ejemplo de la civilización maya u otras civilizaciones precolombinas. De esta manera, se vuelve paradigmático el ejemplo de la sociedad de *Rapa Nui* en la ahora llamada Isla de Pascua que, parece indicar la evidencia que colapsó cuando de forma insostenible talaron hasta el último árbol de la isla, modificando por completo las condiciones del hábitat hasta tener que abandonarlo:

> La historia de la humanidad está llena de relatos sobre las actividades ecocidas primitivas de

> los grandes imperios, como Babilonia, Egipto, Grecia, Roma, la antigua China y los Mayas, todos los cuales destruyeron sus bosques y la fertilidad de su suelo cultivable y eliminaron buena parte de la fauna original por medio de una combinación de su "pensamiento lineal y su apetito insaciable de riquezas materiales". (Bronswimmer, 2005:70)

Así como el hombre primitivo llevó a un extinción masiva en el Pleistoceno, el hombre de la Antigüedad clásica, como Mesopotamia, Grecia y Roma tampoco fueron civilizaciones que supieran estar en armonía con el medio ambiente, rompiendo con la idealización histórica característica de la modernidad, que ve con ojos condescendientes a la Antigüedad, como épocas de inocencia ahora perdida.

EL SER HUMANO DE LA SOCIEDAD INDUSTRIAL CAPITALISTA

Con la visión del progreso heredada del pensamiento de la Ilustración del siglo XVIII y el positivismo del siglo XIX, existe la idea de que la razón sería una herramienta, visión y paradigma que alejaría las tinieblas de la ignorancia y el dogma hacia una civilización superior basada en el conocimiento.

Bajo este paradigma, la razón es la principal herramienta y distinción radical de la Modernidad, del sujeto científico frente al sujeto mítico de la Antigüedad. La razón es entonces una construcción de la modernidad, no sólo una facultad mental. Es ciencia y es el progreso de la civilización moderna además de ser una capacidad preventiva-cognitiva que nos hará conocer, comprender y dominar el mundo mientras que también la razón puede hacernos conscientes de los riesgos que enfrentamos (o creamos). Frente a esta idea de la razón, resulta irónico pensar que el producto de esta racionalidad será la sociedad que aumentará en un grado exponencial su capacidad para ponerse en riesgo a la humanidad, tanto por su capacidad destructiva intencional como no-intentencional, es decir, a través de la guerra y también del desarrollo.

Así, es importante comprender la idea de la razón como guía e instrumento para forjar la historia de la humanidad y los mitos que hemos creado en torno a esta narrativa:

En su libro *La Sociedad del Riesgo*, publicado por primera vez en 1986, Ulrich Beck sostiene que hasta hace poco la modernidad había experimentado un período de tremendo progreso tecnológico y científico sin considerar la finitud de los recursos naturales. Los únicos riesgos que la sociedad consideró fueron los relacionados con las instituciones y la regulación gubernamental. Sin embargo, una conciencia de las consecuencias del "progreso", la superpoblación y el poder militar ilimitado, condujo al concepto de la Sociedad del Riesgo: una sociedad reflexiva que reconoce que los recursos naturales pueden agotarse y que los estilos de vida humanos están poniendo en peligro los ecosistemas de todo el planeta. Una posible consecuencia de la idea de Beck sobre la sociedad del riesgo es el concepto de uso responsable de los recursos naturales..

Es importante subrayar que, para Beck, el riesgo se interpreta como un cálculo basado en nuestra capacidad racional cognitiva-preventiva. Cuando la ciencia, la sociedad o los gobiernos identifican un riesgo, se implementan contramedidas a través del consenso internacional y se elimina el riesgo. Por lo tanto, tan pronto como

se plantee un riesgo (por ejemplo, la escasez de recursos naturales), los foros, los referendos y el diálogo entre gobiernos, empresas y ciudadanos podrían llevar al inicio de planes de acción para reducir o eliminar este riesgo.

De esta manera, parecería, como Beck esperaba, que cuando se identificara el riesgo del cambio climático, los gobiernos del mundo estarían de acuerdo en prevenir y evitar grandes desastres. Bajo esta racionalidad es que se establece el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, con la misión de informar a los tomadores de decisiones sobre la ciencia más sólida y relevante con respecto al cambio climático. A su vez, es también la racionalidad detrás del objetivo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) al establecer que el objetivo es "prevenir una interferencia peligrosa con el sistema climático" (CMNUCC, 1992:4). De esta manera, la capacidad cognitiva preventiva informaría del riesgo, que a su vez detonaría un proceso de toma de decisiones y los gobiernos del mundo podrían poner fin a este riesgo. Sin embargo, este no ha sido el caso, como ahora veremos.

A raíz de la creciente preocupación por el cuidado del medioambiente, producto el entrecruce de visiones ecologistas, anticapitalistas, y la publicación de libros y reportes claves, como que en 1970 se celebró el Día de la Tierra buscando una nueva relación con la naturaleza y un nuevo paradigma de desarrollo y relación con la Tierra, la publicación de *La primavera silenciosa* de Rachel Carson en 1962 o el reporte *Los límites del crecimiento* del Club de Roma en 1972, con lo que las preocupaciones por cuidado del medio ambiente fueron creciendo hasta abrirse espacio en las discusiones políticas.

Un hito histórico muy relevante para analizar tiene que ver con el descubrimiento del adelgazamiento de la capa de ozono, producto del uso de los Clorofluorocarbonos (CFC). A partir de la comprobación científica del fenómeno, se llevó a la conformación de la Convención de Viena en 1987 y el Protocolo de Montreal en 1988 para eliminar el uso de CFC. Este es sin lugar a dudas, uno de las mayores victorias del derecho ambiental internacional que ilustraría a la perfección la concepción de Beck de la sociedad del riesgo. La ciencia descubre e informa a la sociedad de un riesgo y entonces la maquinaria política internacional se pone en movimiento hasta lograr una resolución que elimina el riesgo. Estudios recientes han mostrado la gran efectividad del Protocolo de Montreal, al confirmar la recuperación de la capa de ozono.

No obstante, pese a este gran ejemplo de racionalidad preventiva-cognitiva y cooperación internacional, este es más la excepción que la regla. Por un lado, podemos mencionar las grandes victorias políticas ecologistas al incluir en las conversaciones internacionales la agenda ambiental como un tema relevante.

En 1987, como parte de otras preocupaciones, como la sobreexplotación de recursos, la Comisión Brundtland presenta el reporte "El futuro que queremos", donde se define el desarrollo sustentable como "el desarrollo que no compromete las necesidades de las generaciones presentes ni futuras", transformando la visión hacia la sustentabilidad para el futuro.

Sin embargo, pese a que el discurso ecologista ha encontrado un nicho y un espacio político, desafortunadamente, en muchas ocasiones queda como mero discurso,

vacío de contenido o de efectividad. El discurso sustentable ha estado ahora más de 30 años en el espacio público, generando conocimiento, técnicas y prácticas, desde la comunidad científica, sin embargo, en la política es mera retórica sin aplicación a la escala requerida.

Pese a que la anterior aseveración parecería ser injusta, puesto que a partir del reporte "El futuro que queremos", Naciones Unidas ha implementado la Agenda 21, los objetivos del milenio, la Conferencia de Río sobre el medio ambiente de donde surgieron convenciones muy importantes como la Convención de Biodiversidad y la Convención Marco sobre Cambio Climático, seguida de otras conferencias a 10 y 20 años, 1 carta de la Naturaleza, la Carta de la Tierra y ahora la Agenda 2030 y los 17 objetivos de desarrollo sostenible que han sido adoptados a nivel mundial, su efectividad no supera lo retórico. El discurso no impacta sobre las acciones reales.

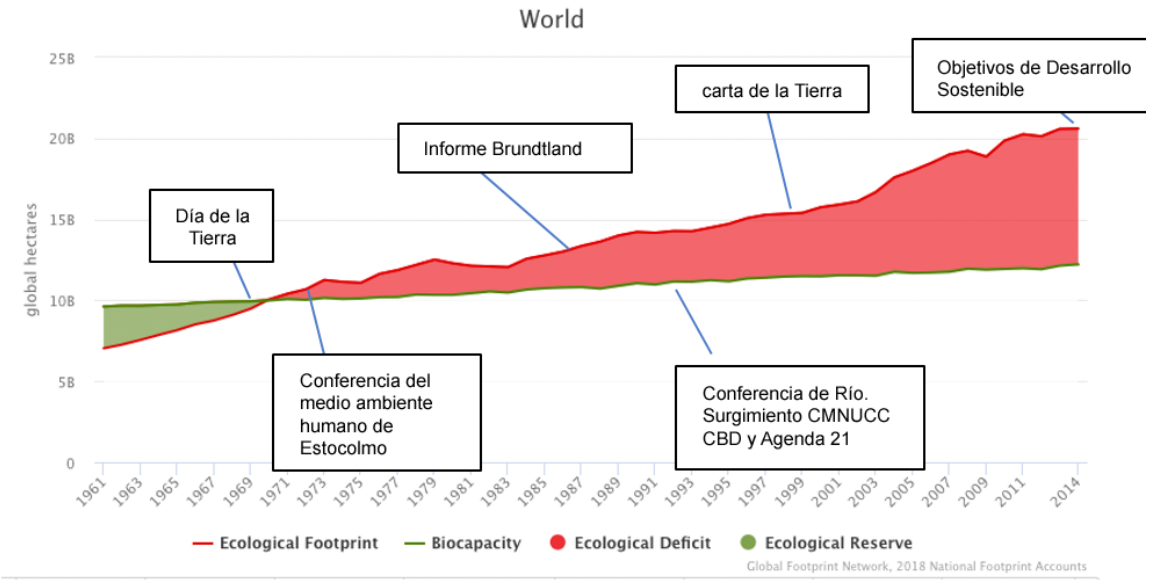
Prueba de lo anterior es observar cómo, pese a 30 años de discurso sobre la sustentabilidad, cada año el presupuesto ecológico mundial, es decir, la capacidad de la Tierra para producir y regenerar los recursos naturales que utiliza el ser humano para sus actividades, cada año se agota más rápidamente.

De acuerdo con la organización *Global Footprint Network* (Ver Figura 1), la humanidad está usando los recursos 1.7 veces más rápido que lo que los ecosistemas del planeta pueden regenerar. Así, para marcar la fecha en la que la humanidad ha agotado el presupuesto ecológico anual, se acuño el "Día del agotamiento de la Tierra". Cada año la fecha se ha ido recorriendo más y más. Mientras el ideal es contar con el presupuesto hasta el 31 de diciembre, a partir de los años 70 la fecha del agotamiento de recursos ha ido recorriéndose hasta que ahora se agotan los recursos a mitad de agosto. En el año 2017, la fecha del agotamiento fue el 2 de agosto, en 2018 fue el 1 de agosto (Global Footprint Network, 2018).

Por otro lado, de acuerdo a un reporte reciente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente **en los últimos 40 años, la extracción de todos los recursos primarios que utilizamos para hacer todas las cosas que usamos y poseemos se ha triplicado.** En 1970 había una extracción global de recursos de alrededor de 20,000 millones de toneladas. Para 2010, esta cifra se disparó hasta las 70,000 toneladas de materiales naturales, entre biomasa, combustibles fósiles, metales y minerales, extraídos para su procesamiento industrial. Se estima que en la actualidad **se requerirían 1.6 Tierras para sostener la intensa explotación de recursos** que se lleva a cabo en el mundo.

De esta manera, podemos observar como la sustentabilidad ha sido muy efectiva en el discurso, pero las acciones no respaldan el discurso y la retórica. Van 30 años de discusión sobre la sustentabilidad, pero cada año la humanidad resulta ser cada vez menos sustentable a pesar de los tratados, cartas, manifiestos, objetivos y convenciones.

Figura 1. Presupuesto ambiental mundial, 2014



Fuente: Global Footprint Network, Presupuesto ambiental mundial, 2014 (las anotaciones son propias)

Ocurre prácticamente lo mismo con la crisis climática. La CMNUCC celebra 30 años de su creación en 2019 tras un largo proceso de negociación. Sin embargo, durante este tiempo, 24 Conferencias de las partes hasta la fecha y dos instrumentos, la situación que se debía prevenir, está cada vez más cerca de resultar una catástrofe plenamente anunciada.

Con el establecimiento de la CMNUCC, se buscó rápidamente llegar al mismo éxito que había tenido el Protocolo de Montreal; sin embargo, ese a que el Protocolo de Kioto se pactó en 1997, entró en vigor hasta 2005 para un primer periodo de compromisos hasta 2012. No obstante, el Protocolo de Kioto quedo dañado desde su inicio cuando EE.UU. decidió no participar, desvinculando al entonces mayor emisor de gases de efecto invernadero del mundo. A raíz de lo anterior, para cuando el primer periodo de compromisos terminaba en 2012, otros países desarrollados como Canadá, Rusia y Japón optaron por salirse del Protocolo, dejando al tratado regulando menos del 15% de las emisiones globales, es decir, fue violado e ignorado hasta la intrascendencia total.

Tras el fracaso del Protocolo de Kioto y que el cambio climático paso de ser un riesgo a una realidad palpable con impactos observables, se buscó un nuevo instrumento que lograra incorporar las lecciones aprendidas del Protocolo de Kioto y a su vez, lograra el máximo de ambición y cooperación internacional.

Así, para enfrentar los impactos del cambio climático, 195 países pactaron el Acuerdo de París en diciembre de 2015 para limitar el aumento de temperatura "muy por debajo de 2 grados centígrados", desde los niveles anteriores a la era

preindustrial, y estabilizar la temperatura en 1,5 grados centígrados. Estas acciones se llevarán a cabo a través de compromisos voluntarios de reducciones voluntarias de gases de efecto invernadero por parte de todos los países firmantes. Este acuerdo es histórico en el sentido de que todos los países parte tienen compromisos para mitigar el cambio climático a diferencia del Protocolo de Kioto donde sólo los países Anexo 1 (desarrollados) tenían compromisos vinculantes, principalmente debido a su responsabilidad histórica.

Cabe aclarar que los compromisos de las naciones firmantes del Acuerdo de París no son suficientes para alcanzar la meta de 1.5 grados por mucho. Incluso si se cumplieran cabalmente los compromisos, se calcula un aumento de la temperatura superior a 3 grados centígrados promedio a nivel mundial.

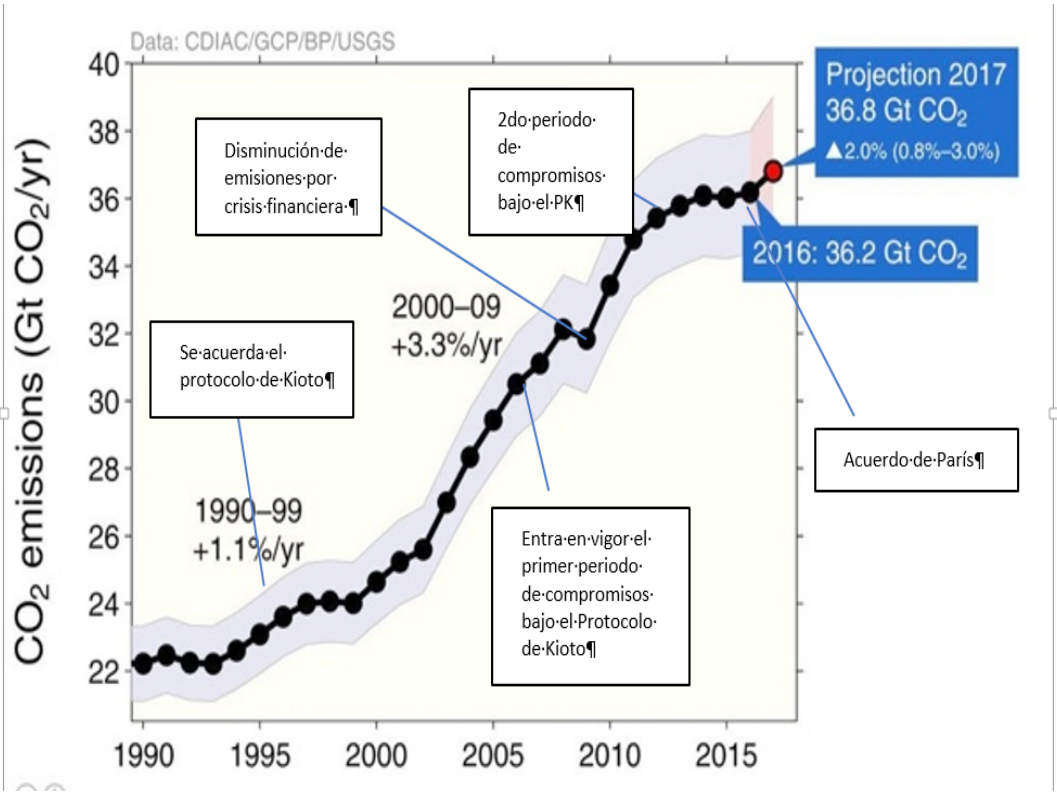
No obstante la victoria que implicó la firma y entrada en vigor del Acuerdo de París en tiempo récord desde que se abrió a la firma de las Partes y que se cumpliera el 55% de las emisiones globales cubiertas bajo la firma, de nuevo, la retórica parece ser muy superior a las acciones reales.

Con la salida de EE.UU. del Acuerdo de París (segundo país con mayores emisiones a nivel global) y a casi tres años de su entrada en vigor, vemos que el único cambio en las emisiones es hacia arriba, alcanzando una cifra record en 2017 de 49,2 Gt CO2e, es decir, un 1,1% más que en el año anterior y tampoco parecen estar cerca de alcanzar su nivel máximo para luego descender, como advierte el PNUMA en su más reciente reporte sobre la brecha de emisiones:

> No se aprecian indicios de que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero hayan alcanzado sus niveles máximos. Las emisiones mundiales de CO2 del sector energético y la industria aumentaron 2 en 2017 después de tres años de estabilización. Las emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero, incluidas las derivadas del cambio en el uso de la tierra, alcanzaron en 2017 una cifra sin precedentes de 53,5 Gt CO2e, lo que representa un incremento de 0,7 Gt CO2e con respecto a 2016. En cambio, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero en 2030 deben ser aproximadamente un 25% y un 55% más bajas que en 2017 para que el mundo tome la trayectoria de menor costo con vistas a limitar el calentamiento del planeta a 2 °C y 1,5 °C, respectivamente. (PNUMA, 2018:II) (Ver Figura 2)

Como se puede observar, esa sociedad moderna reflexiva que Beck soñaba es precisamente eso: un sueño. La razón instrumental como característica de la modernidad, a diferencia de la antigüedad y la prehistoria, no parece hacer un cambio en la actividad del ser humano; por el contrario, parece haber una constante a lo largo de su historia.

Figura 2. Emisiones globales de CO_2



Fuente: PNUMA, Reporte sobre la brecha de emisiones 2017 con anotaciones del autor

De esta manera, si el "hombre se conoce por lo que hace" a lo largo de la historia, entonces parece inclinarse la balanza hacia la imposibilidad de la acción puesto, que como hemos visto, desde la prehistoria y la antigüedad hasta la sobreexplotación industrial de la sociedad industrial contemporánea, el ser humano ha sido constante en su capacidad destructiva del entorno, sin importar su cosmovisión, principios o capacidades preventivo-cognitivas. Parece que lo que ha cambiado es la escala y la magnitud de la destrucción, pero no la actividad en sí; esta permanece constante. No obstante, la noción de historicidad no es sólo narrativa o recuento del daño pasado, sino forjador del futuro, a través de la razón. Aunado a lo anterior, partimos de la base de que no hay una esencia fija, ni una definición totalizante. El pasado no predetermina el futuro, ni es destino, pero ciertamente no brinda un panorama alentador, particularmente cuando se exige del ser humano "cambios profundos, rápidos y sin precedentes".

EL SER HUMANO COMO POSIBILIDAD Y LIBERTAD

Por otro lado, los cuestionamientos filosóficos sobre la idea/naturaleza/esencia del hombre han llevado a diversos pensadores a concebir al hombre como esencia abierta, nunca completa ni fija. De esta manera Karl Jaspers dice:

> La cuestión es si puede concebirse en una forma exhaustiva el hombre en general por aquello que es posible saber de él. O bien, si el hombre es por encima de esto algo, digamos una libertad, que se sustrae a todo conocimiento objetivo, pero que le está presente como inextirpable posibilidad (Jaspers, 2000:63)

Frente a estas dos perspectivas, Jaspers considera que el hombre no puede caracterizarse de forma fija ni es posible saber la totalidad de su naturaleza, sino debe concebirse únicamente como posibilidad, siempre cambiante, sin estado fijo o definiciones totalizantes, por lo que se decanta por la segunda opción y afirma: "Lo que es el hombre no podemos agotar en un saber de él, sino sólo experimentarlo en el origen de nuestro pensar y obrar. El hombre es radicalmente más que lo que puede saber de sí". (Jaspers, 2000:63)

Con esta afirmación existen dos posibilidades de reflexión, particularmente cuando regresamos a nuestras preguntas: ¿Estamos en posibilidad de actuar? y ¿Actuaremos? Frente a la primer pregunta, considerar al hombre como posibilidad siempre abierta nos libera del peso de la historicidad, puesto que como hemos visto en las últimas páginas, frente a las acciones pasadas del ser humano, parece no haber mucha esperanza de un comportamiento distinto hacia este nueva situación y estar en el mundo que le exige un cambio. Sin embargo, si consideramos al ser humano como posibilidad, se abre la posibilidad misma de actuar y a su vez, se puede abrir el panorama de expectativas sobre lo que podemos hacer para enfrentar la crisis del Antropoceno.

Con otros términos, también el filósofo Jean Paul Sartre afirma que la existencia precede a cualquier esencia. Son los actos que llevamos a cabo lo que determinan lo que somos y no viceversa. El ser humano comienza sin predeterminaciones y lo único que le dará una idea será su actividad presente. Así, ni su propia historia lo puede determinar. Así:

> Si Dios no existe, hay por lo menos un ser en el que *la existencia precede a la esencia*, un ser que existe antes de poder ser definido por ningún concepto, y que este ser es el hombre... ¿Qué significa aquí que la existencia precede a la esencia? Significa que el hombre empieza por existir, se encuentra, surge en el mundo y que después se define. El hombre, tal como lo concibe el existencialista, si no es definible, es porque empieza por no ser nada. Sólo será después y será tal como se haya hecho. Así pues *no hay naturaleza, porque no hay Dios para concebirla*. El hombre es el único que no sólo es tal como él se concibe, sino tal como él se quiere y como se concibe después de la existencia; el hombre no es otra cosa que lo que él se hace. Éste es el primer principio del existencialismo. (Sartre, 2000:3)

Este argumento podría servir para la visión de que lo que el hombre tiene es historicidad, e incluso si no tiene una esencia fija, la historia muestra quien es, realmente. Sin embargo, el ser humano es posibilidad siempre cambiante y libertad. Así, por un lado, no hay una predeterminación metafísica, al decir que no hay una naturaleza o esencia *a priori* y por el otro lado, siempre es libre, puede decidir cambiar, ser de otra manera en el mundo, sin predeterminación histórica.

Por otro lado, considerar al hombre como posibilidad no tiene forzosamente que ser algo inherentemente bueno o esperanzador. También hay otra dimensión

que se abre apartir de esta consideración del ser humano como posibilidad, y esa es precisamente, la posibilidad de siempre hacer más daño, ser peores, inventar nuevas formas de autodestrucción, como ilustra el filósofo Fackenheim al reflexionar a la siempre existente posibilidad del horror suscitado por el ser humano contra sí mismo, a raíz de lo acontecido en el Holocausto:

> Fackenheim hace suya la posibilidad de que el horror acontezca en formas de monstruosa novedad que signifiquen otras tantas revelaciones del ser mismo (…) Fackenheim sostiene que el Holocausto extrema hasta la hipérbole de lo nuevo el sufrimiento del inocente, justamente en las formas del asesinato de la infancia por la mera ficticia culpa de existir y de la supresión nihilista de la humanidad del hombre a manos del hombre mismo, extrae, sobre todo, de él la lectura de que no ocurre que el mal sea siempre anticipable porque quepa aprender lo suficiente a su respecto en la escuela de los males del pasado. Más bien, al contrario, es que el mal posee una trágica capacidad inventiva, que una vez y otra vez, hace naufragar la humanidad hasta límites que desafían la permanencia del alma misma como instancia de libertad irreductible (García Baró, 2002:143)

Esta es la otra cara de la posibilidad y la libertad. Siempre existe la posiblidad de ser peores, de causar mayor destrucción. Para la filosofía después del Holocausto, esa es la gran lección cuando hacemos la pregunta ¿Qué es el hombre? En esta línea de pensamiento, el hombre no sólo es capaz del peor horror imaginado sino que es siempre capaz de ser peor que lo nunca imaginado, esto quiere decir, más allá de la imaginación de Dante en el Infierno y Purgatorio de La Divina Comedia, el ser humano resultó ser capaz de borrar de la existencia a 800,000 personas en menos de un segundo con la bomba atómica o deshumanizar y aniquilar sistemáticamente a millones de personas como ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial entre otros muchos casos de genocidio a lo largo y ancho de todo el mundo y que, incluso peor, puede superarse siempre por su propia ontología de la posibilidad.

Otra reflexión importante sobre el ser humano como posibilidad y libertad, viene precisamente de considerar y observar que es posible encontrar acción de forma inesperada. Para ilustrar este punto, podemos ver el caso de la niña Greta Thunberg y las acciones que devinieron en una protesta que terminó por convertirse en un gran movimiento a nivel mundial.

Greta Thunberg, una niña sueca de 16 años, comenzó en Agosto de 2018 con una protesta solitaria afuera del parlamento de Suecia para reclamar mayor acción frente al cambio climático. En sólo cuestión de meses, Greta Thunberg pasó de ser una niña solitaria a estar en la lista de las 100 personas más influyentes en la política del cambio climático, con intervenciones en la Conferencia de las Partes 24 en Katowice, Polonia, y en el Foro Económico Mundial en Davos, durante a ser considerada para el Premio Nobel de la Paz. Sus acciones han inspirado el movimiento *Strike 4 Climate*, generando acciones de protesta de niños y adolescentes en más de 1,700 pueblos y ciudades en más de 100 países en el mundo (Irfan, 2019).

De esta manera, de forma inesperada surgió una nueva voz, y sangre nueva, a un movimiento de resistencia que continuamente lucha por mantenerse relevante y no quedar en el olvido bajo la clasificación de “noticias viejas”. Greta Thunberg inyectó una nueva energía al movimiento de resistencia y ha forzado la atención de la élite política a nivel mundial. Así, de forma inesperada, de la nada, y no de un político en

quien usualmente la gente pone sus esperanzas para el cambio, sino de una niña, vino una fuerza renovada de presión social para aumentar las acciones frente al cambio climático. Esto también es un claro ejemplo de que el ser humano es posibilidad. Es posibilidad de que la acción surja de forma inesperada, de un origen inesperado y tener consecuencias profundas en las dinámicas de la política climática.

Frente a esta segunda consideración, del ser humano como posibilidad y libertad, nos encontramos de nuevo con nuestras preguntas iniciales: ¿Podemos actuar? Sí, es posible que actuemos. ¿Actuaremos? No lo tomemos como algo dado, no es una garantía automática, ni una obviedad; es una posibilidad.

CONCLUSIONES

Como se ha podido observar a lo largo de este trabajo, preguntarnos si el ser humano actuará y cambiará su forma de ser en el mundo para evitar la catástrofe climática y la crisis generalizada del Antropoceno no es una garantía. Al preguntarnos: ¿Cómo llegamos a esta situación? Y observar que el responsable es el ser humano, pero no un ser humano malvado que destruye, sino un ser que vive bajo tal condición, entonces nos preguntamos quienes somos, realmente.

Frente a esta situación, en la posmodernidad se ofrece un rechazo a cualquier postura sobre una naturaleza fija *a priori,* ya sea buena o mala y se consideran dos opciones: el ser humano es lo que hace, es decir, que el ser humano no tiene naturaleza sino historicidad, o por el otro lado, se piensa que el ser humano es posibilidad abierta y libertad de ser y actuar.

Frente a la historicidad, un breve recorrido histórico nos hace observar que, si el ser humano es lo que hace, entonces la gran constante a lo largo de la historia del *homo sapiens* es la imposiblidad de vivir en equilibrio con la naturaleza. Desde la extinción de la megafauna del Pleistoceno hasta la sobreexplotación industrial capitalista, la norma es la extinción y el uso irresponsable de los recursos, sin importar la cosmogonía, cultura o ética. Esto borra el mito de que la crisis que enfrentamos es una contingencia debido a un modo de sobreexplotación particular, y amplía la visión para ver más allá, hasta identificar un patrón claro a lo largo de la historia.

Si observamos al ser humano como posibilidad y libertad, nos libramos del yugo de la historia, al rechazar cualquier predeterminación histórica. Aún frente a un pasado de destrucción, el ser humano es posibilidad, es decir, siempre puede ser distinto; siempre puede cambiar sin llevar como lastre su pasado histórico.

No obstante, frente a esta segunda perspectiva, también aparecen reflexiones problemáticas: Es condición de posibilidad siempre poder causar un mayor daño, ser peores, y por el otro lado siempre existe la posibilidad de acciones positivas súbitas, inesperadas.

Frente a estas dos perspectivas, lo que queda claro es que no podemos garantizar que el ser humano, sea racional o no, actuará para evitar la catástrofe. Si vemos nuestra propia historia, no resulta alentador. Si consideramos que el pasado no nos predetermina, y que sólo hay posibilidad, entonces tendremos que concluir que no hay

garantía de que actuemos.

Tal vez si observamos la gran fragilidad de la posibilidad de la acción y no la tomamos por sentada con ingenua confianza, comencemos a vislumbrar con mayor seriedad que tenemos todo en contra de actuar y si el ser humano hace algo, lo hace contra todo el peso de su historia y tal vez de su naturaleza. Así de delicada es esta posibilidad de acción y la implicación para actuar resulta monumental.

FUENTES DE CONSULTA

Bronswimmer, F, (2005) Ecocidio: Breve historia de la extinción en masa de las especies. Editorial Océano, México.

Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, (1992) Consultado el 27 de mayo de 2019 en: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf

De Estrada, J.M. (1949) El hombre: su naturaleza e historicidad". En: *Actas del Primer Congreso Nacional de Filosofía*, Mendoza, Argentina, marzo-abril 1949, tomo 2. Consultado el 27 de mayo de 2019 en: http://www.filosofia.org/aut/003/m49a0714.pdf

IPCC, (2018a) Summary for Policymakers. En: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. *World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.* Consultado el 27 de mayo de 2019 en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf

IPCC, (2018 b) IPCC presents findings of the Special Report on Global Warming of 1.5°C at event to discuss Viet Nam's response to climate change. Consultado en**:** https://www.ipcc.ch/2018/10/10/ipcc-presents-findings-of-the-special-report-on-global-warming-of-1-5c-at-event-to-discuss-viet-nams-response-to-climate-change/

Irfan, Umair, (2019) "Playing hooky to save the climate: why students are striking on March 15". En: Vox. Consultado el 27 de mayo de 2019 en: https://www.vox.com/2019/2/21/18233206/march-15-climate-strike

García Baró, M.: (2002) "Hacia una interpretación filosófica del horror. Una nota a propósito de la obra filosófico-teológica de Emil Fackenheim". En: *Filosofía después del Holocausto.* Reyes Mate (ed.) Riopiedras Ediciones, Barcelona, España.

Global Footprint Network, (2018) "Earth Overshoot Day". Consultado en: https://www.overshootday.org consultado el 27 de mayo de 2019

Jaspers, K. (2000) La Filosofía. Fondo de Cultura Económica, México.

Nicol, E. (2003) *La Idea del Hombre*. Fondo de Cultura Económica. México

Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), (2018) *Informe sobre la Brecha de Emisiones* (Resumen ejecutivo). Consultado el 27 de mayo de 2019 en: https://www.unenvironment.org/es/resources/informe-sobre-la-brecha-de-emisiones-2018

Sartre, J.P., (2000) "El existencialismo es un humanismo". Editorial Edhasa, España. Consultado en: http://www.elseminario.com.ar/biblioteca/Sartre_El-existencialismo-es-un-humanismo.pdf

Zavala Olalde, J.C., (2009) "El hombre, ser histórico" en *Ludus Vitalis*, vol. XVII, num 31, pp. 143-167. Consultado el 27 de mayo de 2019 en: http://ludus-vitalis.org/html/textos/31/31-07_zavala.pdf

Capítulo 17

Metamorfosis, catástrofe y riesgo en el antropoceno.

Juan Antonio Le Clercq Ortega

RESUMEN

Este trabajo revisa el reporte especial del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) sobre los impactos esperados de un calentamiento global por encima de los 1.5ºC y analiza sus conclusiones desde el enfoque de la hipótesis del Antropoceno. Siguiendo la argumentación de Ulrich Beck, se discuten las implicaciones del Antropoceno entendido como un escenario de cambio catastrófico en gran escala para las sociedades humanas, definido en este sentido como metamorfosis del mundo. Esta transformación, la entrada en la época del cambio catastrófico, obliga a las sociedades humanas a replantear algunos supuestos centrales del pensar y hacer la política y reformular los fundamentos institucionales para la toma de decisiones ante el cambio climático.

Palabras clave: Antropoceno, Cambio Climático, Cambios Sociales, Catástrofe Emancipatoria, Instituciones, Metamorfosis.

ABSTRACT

This Chapter reviews the IPCC special report on the expected impacts of global warming above 1.5ºC and analyzes its conclusions from the Anthropocene hypothesis. Following Ulrich Beck arguments, the implications of the Anthropocene, understood as a scenario of catastrophic change on a large scale for human societies are discussed as part of a metamorphosis of the world. This transformation, the entry into the era of catastrophic change, forces human societies to rethink some central assumptions of thinking and making politics and reformulate institutional foundations for decision-making in face of climate change.

Key words: Antropocene, climate change, social changes, metamorphosis

INTRODUCCIÓN

Si bien el Acuerdo de París permitía pensar con relativo optimismo que los Estados habían realizado compromisos de mitigación lo suficientemente relevantes como para aspirar a contener el crecimiento de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las próximas décadas, el Reporte Especial del IPCC sobre los impactos esperados de un calentamiento global por encima de los 1.5ºC (IPCC, 2018), publicado en los últimos meses de 2018, señala que de continuar la tendencia actual

en realidad se cuenta con poco más de una década para evitar que la temperatura global supere el 1.5ºC y se proyecte a escenarios en el rango de los 2ºC.

La información presentada en este informe del IPCC 2018 señala la dificultad creciente que supone evitar que la hipótesis del Antropoceno, un mundo de naturaleza humanamente alterada y con efectos de retroalimentación impredecibles, se convierta en una realidad tan llena de incertidumbre como irreversible para las sociedades humanas. De acuerdo con el trabajo póstumo de Ulrich Beck, la humanidad enfrenta una metamorfosis del mundo, una transformación en mayor escala y complejidad que el cambio social tal como lo hemos entendido. Contexto marcado por la irrupción de condiciones sociales y ambientales catastróficas para las que los conceptos, prácticas sociales e instituciones no están preparadas, incrementando los riesgos y amenazas para la humanidad. Incluyendo su supervivencia misma como especie.

Este capítulo analiza algunas de las implicaciones del Antropoceno entendido como un escenario de cambio catastrófico para las sociedades humanas. En la primera parte revisamos las advertencias del IPCC 2018 y la forma en que afecta las expectativas en torno a los compromisos alcanzados en el Acuerdo de París. En la segunda parte, analizamos la idea de metamorfosis del mundo de acuerdo con los postulados de Beck y su relación con la noción de catástrofe. En la tercera parte, discutimos la forma en que la entrada en el Antropoceno, entendido como una época de cambio catastrófico, obliga a replantear algunos supuestos centrales del pensar y hacer la política y replantear los fundamentos institucionales de la toma de decisiones ante el cambio climático. En la última parte concluimos.

¿EL FIN DEL OPTIMISMO CLIMÁTICO DE LOS 2ºC?

La firma del Acuerdo de París (AP 2015), generó amplias expectativas entre la comunidad internacional, organizaciones sociales y especialistas al respecto de la posibilidad de avanzar en forma más efectiva en la contención de las emisiones de GEI hacia la atmósfera. Las razones para el optimismo se fundamentaban en que luego del rotundo fracaso de las negociaciones en la COP 15, celebrada en Copenhague, y las crecientes dificultades para que la comunidad internacional definiera el tratado climático llamado a sustituir al Protocolo de Kioto (PK 1998), durante la COP 21 se alcanzó un acuerdo que, si bien es vinculante legalmente, pero carece de sanciones por incumplimiento, éste integro el consenso y el compromiso de prácticamente toda la comunidad con la reducción de las emisiones globales a través de metas establecidas voluntariamente, las denominadas Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND).

El AP 2015 representa un salto cualitativo en la definición del nuevo modelo de mitigación de emisiones derivada del PK 1998, al pasar de un esquema que combinaba metas obligatorias de mitigación para países industrializados sin obligaciones recíprocas para países en desarrollo con altos niveles de emisiones, a un esquema de cooperación basado en metadas definidas voluntariamente con años base establecidos por cada país. Si bien la participación de la comunidad internacional puede considerarse un éxito, 169 de 192 países firmaron el acuerdo, su ratificación ha resultado más problemática en tanto 18 de los firmantes no lo han ratificado, incluyendo a Irán,

Rusia y Turquía. A lo que se suma la decisión de los Estados Unidos de abandonar el Acuerdo en 2020.[1]

La perspectiva gradualista basada en cooperación voluntaria entre los Estados:

1) tiene el objetivo general de contener el aumento en la temperatura global por debajo de los 2ºC, reconociendo que la aspiración de la comunidad internacional debe fijarse en 1.5ºC

2) establece un marco de información, registro y reporte sujeto a criterios de transparencia para verificar los grados de progreso y cumplimiento de compromisos dentro de los plazos establecidos y evitar doble contabilidad nacional en la reducción de emisiones

3) mantiene y revisa los mecanismos de facilitación para el cumplimiento de compromisos (REDD Plus, desarrollo limpio, resultados de mitigación de transferencia internacional, mercados de carbón, transferencia tecnológica) y crea un mecanismo para facilitar la mitigación vinculada al desarrollo sostenible

4) promete movilizar 100,000 millones de dólares anuales, con revisión al alza, a partir de 2020 para atender las necesidades y prioridades de mitigación y adaptación de los países en desarrollo

5) integra metas dirigidas a incrementar resiliencia y capacidad de adaptación que permitan diseñar políticas de reducir la vulnerabilidad de personas, especies y ecosistemas. En este caso se señala la necesidad de establecer un mecanismo para la reparación e indemnización ante el daño en los países más vulnerables, el cual todavía requiere ser diseñado (AP 2015).

Lo más importante del AP 2015, junto con la definición de las CND, es que, si bien la comunidad internacional establece las bases de la arquitectura climática global para las siguientes décadas, la posibilidad de contener aumentos impredecibles en la temperatura global del planeta se desplaza de la negociación internacional hacia la definición e implementación de políticas de cambio climático a nivel nacional y subnacional. En otras palabras, lo relevante ahora es el grado de cumplimiento dentro de cada país, lo cual depende de diseño institucional multinivel, procesos de entrejuego vertical y horizontal y desarrollo de capacidades nacionales y locales (Mehlin, Metcalf y Stavins, 2017; Gordon y Friedmann, 2018; Nordhaus, 2018; Le Clercq, 2019).

El optimismo original en torno a los resultados alcanzado en el AP 2015, se ha visto sacudido o al menos moderado por tres eventos. En primer lugar, si bien prácticamente todos los países han definido sus CND, lo cierto es que resultan insuficientes para cumplir con el objetivo de evitar aumentos en la temperatura por encima de los 2ºC, de hecho, la trayectoria de los escenarios de mitigación de mantenerse las ten-

1 Ver https://www.climatewatchdata.org/ndcs-content/table?indicator=pa_status y http://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx] (Consultados el 15 de octubre de 2016).

dencias actuales, señala un desfase de por lo menos 15 GtCO2 considerando que se requieren no superar las 40 GtCO2 hacia 2030. A lo cual se debe añadir el probable incumplimiento de los países que no han ratificado el Acuerdo [2].

En segundo lugar, el escenario político internacional se ha descompuesto significativamente en comparación con diciembre de 2015. La elección de Donald Trump como Presidente de los Estados Unidos simboliza la irrupción de liderazgos políticos que combinan reivindicaciones nacionalistas, proteccionismo comercial, rechazo a la cooperación y los tratados internacionales, así como ataques directos a la agenda climática global y la apuesta por descarbonizar la economía.

En estas condiciones, aun cuando la Unión Europea o países en desarrollo altamente vulnerables a las consecuencias del calentamiento global hagan llamados a refirmar los compromisos adquiridos e incluso a incrementar la ambición de las CND, en los últimos años ha aumentado el riesgo de que otros países decidan seguir la ruta marcada por el gobierno de Trump y decidan denunciar el AP 2015 o no cumplir sus obligaciones, con lo cual resultaría imposible cumplir el objetivo de los 2ºC o evitar que las emisiones de GEI se incrementen exponencialmente en la próxima década (Deese, 2017).

Finalmente, el IPCC 2018, ha puesto en evidencia que, a pesar de los objetivos establecidos en el AP 2015, los modelos climáticos advierten que de continuar la tendencia actual en la emisión de GEI, la temperatura global podría alcanzar los 1.5ºC entre 2030 y 2052 y continuar aumentando en la segunda mitad del siglo.

Cuatro mensajes del reporte adquieren especial relevancia:

1. El nivel de riesgo, daño en ecosistemas y necesidades de adaptación se incrementan significativamente en escenarios con aumentos de la temperatura por encima de los 2ºC en comparación con un incremento acotado en 1.5ºC

2. Limitar el aumento de la temperatura por debajo de los 2ºC las emisiones globales tendrían que reducirse en 25% en 2030 en comparación a 2010 y alcanzar una tasa de cero hacia 2070

3. Estabilizar el aumento de la temperatura en 1.5ºC depende de una transición acelerada sin precedentes en los sistemas de energía, industrial, uso de tierra, infraestructura y desarrollo urbano

4. Mitigar las emisiones de GEI, al ritmo y magnitud necesarias para evitar aumentos en la temperatura, requiere incrementar la ambición de las CND e identificar sinergias e intercambios (*trade-offs*) con la agenda de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS).

2 De acuerdo con *Carbon Brief*, a partir de los escenarios del IPCC sobre la probabilidad de contener el aumento en la temperatura por debajo de 1.5ºC , 2ºC y 3ºC, el presupuesto de carbón para mantener 66% y 50% de probabilidad de evitar incrementos por encima de 1.5ºC es de 5.2 y 8.9 años respectivamente, mientras que para evitar incrementos por encima de los 2ºC con 66% y 50% de probabilidad, los presupuestos corresponden a 2.3 y 27.8 años, siempre y cuando se mantenga el mismo ritmo en el crecimiento de emisiones [https://www.carbonbrief.org/analysis-only-five-years-left-before-one-point-five-c-budget-is-blown.

En síntesis, si bien el AP 2015 ha definido finalmente una agenda internacional relevante y se han comenzado a implementar portafolios de mitigación en diferentes partes del mundo, la comunidad internacional no ha hecho lo suficiente para evitar escenarios de incrementos en la temperatura por encima de los 2ºC. Las proyecciones advierten que queda poco más de una década para desarrollar una transición sustentable ambiciosa y sin precedentes en su escala, que permita reducir las emisiones de CO2 en 40% hacia 2030 e incremente las capacidades de adaptación y el cambio tecnológico en beneficio de países pobres y en desarrollo, para evitar escenarios catastróficos en la segunda mitad del siglo XXI.

CATÁSTROFE COMO RIESGO Y EMANCIPACIÓN

¿Es relevante plantear la problemática climática desde un enfoque centrado en la noción de "catástrofe"? La posibilidad de alcanzar un aumento en la temperatura global por encima de 2ºC, tal como se desprende de IPCC 2018, nos lleva a discutir escenarios marcados por desastres naturales catastróficos, incremento de riesgos con carácter destructivo para la vida de los ecosistemas y la vida humana, al igual que alta incertidumbre relacionada con los efectos potenciales de retroalimentación en los ciclos naturales (Rockström, Steffen, Noone, *et al*, 2009*;* Steffen, Richardson, Rockstrom, *et al*, 2015). El problema conceptual radica en distinguir entre catastrofismo y una perspectiva que permita integrar la noción de catástrofe al análisis y definición de políticas globales y nacionales para contener las consecuencias inevitables del cambio climático.

El debate sobre el Antropoceno involucra necesariamente reconocer consecuencias catastróficas del cambio climático. El "Antropoceno", significa que como resultado de alteraciones humanas más allá de umbrales críticos en el funcionamiento de los sistemas y ciclos que soportan la vida en La Tierra, el planeta entra a una época geológica posterior al holoceno, determinada por los efectos de la intervención directa del hombre en la naturaleza, la destrucción de ecosistemas y especies y por el riesgo de enfrentar eventos y fenómenos naturales, tan extremos como impredecibles. Los seres humanos se convierten en una fuerza geológica misma, capaz de alterar los ciclos vitales del planeta al grado de poder provocar su propia extinción.[3]

Hay que destacar que no existe suficiente consenso científico sobre la entrada al Antropoceno, de hecho, una comisión de trabajo *ad hoc* de la Comisión Internacional de Estratigrafía aún analiza si puede considerarse formalmente como una época geológica. Sin embargo, aun cuando desde una perspectiva geológica no pueda hablarse

3 La idea tiene origen P.J. Crutzen, "Geology of Mankind". *Nature* 415, 2002:23. Véase también, Will Steffen, Jacques Grinevald, Paul Crutzen y John McNeill, "The Antropocene: conceptual and historical perspectives", *Philosophical Transactions of The Royal Society,* 369, 2011:842-867; John R. McNeill y Peter Engelke, *The Great Acceleration*, Belknap, Cambridge, 2014; y Will Steffen, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney y Cornelia Ludwig, "The trajectory of the Antropocene: The Great Acceleration" (2015a), *The Anthopocene Review*, 2(1), 2015:81-98. Jan Zalasiewicz, Marc Williams, Alan Haywood y Michael Ellis, "The Antropocene: a new epoch of geological time?, *Philosophical Transactions of The Royal Society* 2011, 369: 35-841; Christian Schwägerl, *The Human Era and How it Shapes our Planet*, Synergetic Press, Santa Fe 2014, Alfred Knopf, New York, 2014; y Steffen, Grinevald, Crutzen y McNeill, *Philosophical Transactions of The Royal Society,* 369, 2011:843.

estrictamente de una época humanamente creada, desde un enfoque ambiental, político y social es indudable que la alteración drástica y acelerada en el funcionamiento de los sistemas biogeofísicos de la Tierra, resultado de actividades de producción y consumo humanos, ha provocado una crisis ambiental global cuyas consecuencias irreversibles alterarán la vida en el planeta e involucran niveles de riesgo de una magnitud muy diferente para las generaciones futuras y para otras especies.

Siguiendo la argumentación desarrollada en Le Clercq (2019), seis aspectos del Antropoceno adquieren especial relevancia en tanto redefinen la forma en que se utilizan recursos naturales, la forma en que los seres humanos se relacionan e interactúan, al igual que la capacidad de las instituciones para regular las prácticas sociales y contener los efectos destructivos de las alteraciones en la naturaleza: 1) consecuencias inciertas de las alteraciones drásticas y aceleradas al funcionamiento en los sistemas biogeofísicos del planeta, incluyendo efectos de retroalimentación; 2) niveles de riesgo cualitativamente más complejos para las sociedades humanas derivados de fenómenos naturales extremos; 3) cambios irreversibles en la naturaleza con efectos distributivos desiguales de carácter intergeneracional; 4) agudización de desigualdades socioeconómicas; 5) nuevos tipos de conflicto social, desplazamiento de poblaciones y formas de segregación social; 6) deterioro exponencial en la calidad de vida acompañado de responsabilidad moral por la destrucción de ecosistemas y la extinción masiva de especies.

La argumentación desarrollada por Beck (2015 y 2016), que retoma postulados previos en torno a la concepción de la sociedad del riesgo, prácticas políticas y económicas que colocan a las sociedades en condiciones permanentes de inseguridad y peligro, del riesgo interiorizado no como amenaza exógena extraordinaria sino como un elemento endógeno a la modernidad avanzada (Beck, 2006:29-36); permite discutir el sentido y las consecuencias de un mundo marcado por la inevitabilidad de la catástrofe. "Catástrofe" concebida como una serie de eventos inevitables y sus consecuencias, producidas por la dinámica vertiginosa del cambio tecnológico y la interferencia del hombre en los ciclos naturales, lo cual, evitando la tentación del catastrofismo simplista, concibe también la oportunidad de una "metamorfosis" como cambio social a gran escala.

La metamorfosis del mundo refiere a la materialización de fenómenos anteriormente impensables y la consecuente desestabilización de las certidumbres políticas y sociales. Una transformación en una escala mayor al cambio social propio de la modernidad, donde a pesar de la existencia de cambios graduales, evolución e incluso revolución, la dinámica del "todo lo sólido se desvanece en el aire" (Berman, 1992), los conceptos e interpretaciones de la realidad se mantenían constantes o al menos dentro de un margen predecible. Por el contrario, la metamorfosis refiere al cambio del mundo y al estar en el mundo, la alteración de la naturaleza que por su magnitud trastoca las visiones y certidumbres en torno al significado de la existencia humana misma, provocando una reconfiguración política, social y económica tan inevitable como incierta, modificando irreversiblemente la organización de las relaciones políticas globales a través de estados nación, para hacerlos gravitar en torno a conceptos más amplios como "mundo", "humanidad" o "riesgo" (Beck, 2016:5-6).

La metamorfosis no deja de representar una noción profundamente paradójica

que entra en conflicto con la forma en que los seres humanos entendemos la dinámica del cambio social. Refiere a un mundo nuevo que emerge por y desde la catástrofe, que surge como respuesta a la destrucción que la humanidad provoca al mundo. Una visión de futuro difícil de aprehender en su conjunto y para la cual si bien no hay suficientes conceptos y lenguaje que la describan, irrumpe por debajo de los conceptos y narrativas ya destruidas de lo humano y de su relación con la naturaleza. Una nueva imagen del hombre se derrumba para dar paso a una nueva que no termina por definirse desde el "poder normativo de lo factual", de los hechos inevitables de la catástrofe (Beck, 2016:28-29).

Este enfoque supone entender el cambio en tres niveles diferenciados que enfrentan las sociedades humanas: 1) cambio social, como transformación que puede ser drástica o gradual, pero que ocurre sobre la base de conceptos y certidumbres constantes; 2) cambio social como coyunturas críticas en las que shocks externos o rupturas del orden alteran las certidumbres y abren puntos de inflexión para la transformación del orden social a gran escala, como ocurre con las revoluciones; 3) la metamorfosis del mundo, como cambio radical ya no de lo social, sino de entender y estar en el mundo, que altera tanto nuestra forma de pensar como de reaccionar y actuar para sobrevivir como especie en un planeta profundamente alterado (Beck, 2016:22). Procesos que en la era del Antropoceno no necesariamente se excluyen, sino que concurren y se retroalimentan agudizando la incertidumbre que deben enfrentar las sociedades humanas.

Mientras que la teoría de la sociedad del riesgo ponía sobre la mesa los efectos negativos de los procesos de decisiones humanas en la modernidad avanzada, la metamorfosis plantea la problemática de panoramas de transformación en los que los peligros y las consecuencias impredecibles se multiplican, en los que la magnitud del cambio del mundo y la alteración de los ciclos naturales nos obliga a repensar lo que entendemos por "riesgo" para la vida humana. Por lo mismo, la inminencia y la magnitud de la catástrofe se traduce en una sensación de incapacidad para entender el mundo e impotencia para actuar en consecuencia. El poder destructivo de los efectos colaterales no previstos y el fin de nuestras certidumbres, implica el colapso de las instituciones políticas y sociales como han sido entendidas: "En el caso de los riesgos globales, los efectos laterales son tan peligrosos que todos deben asumir estrategias de supervivencia (no en el sentido militar)- el imperativo de la supervivencia de la humanidad" (Beck, 2015:77-78; Beck, 2016:4-5).

Desde una perspectiva política, esto tiene dos consecuencias importantes: en primer lugar, el desfase entre la capacidad institucional para actuar y el grado de riesgos que requieren ser enfrentados (Dryzek, 2016; Pattberg y Zelli, 2016; Hoffman y Devereaux, 2018; Dryzek y Pickering, 2019); en segundo lugar, el cambio en la orientación nacional en la toma de decisiones hacia perspectivas necesariamente globales y cosmopolitas.

La reinterpretación del mundo desde la noción de catástrofe implica que los espacios de acción política y social se transforman, las certidumbres propias de los Estado-nacionales dejan paso a los espacios de acción cosmopolitas, más globalizados pero también más desintegrados. Esta visión, que puede entenderse tanto como forma de idealismo o realismo cosmopolita no significa que las prácticas políticas y los problemas sociales nacionales y locales desaparecen, sino que son proyectados a una

nueva dimensión, desde una escala global y transfonteriza que puede permitir reconfiguraciones institucionales más efectivas, pero cuya complejidad puede implicar el riesgo de la autodestrucción (Beck, 2016:7, 10).

Desde esta lógica, representa una revolución política global en tanto sus cuyos efectos no intencionales y efectos de retroalimentación generan una reacción en cadena de fallas en el desempeño de instituciones que anteriormente percibíamos como "funcionales". Procesos de reacción en cadena que se traducen en conflictos políticos y sociales por espacios vitales y recursos, pero también por la interpretación moral, social, religiosa o política del sentido de las transformaciones globales. Lo cual agudiza el sentido de crisis de vivir en el mundo, en un contexto donde la política nacional es rebasada por la magnitud de fenómenos en muchos sentidos incomprensibles, las instituciones fallan al ser sometidas a presiones para las cuales no están preparadas y los mecanismos de acción sociales tradicionales resultan irrelevantes regular los cambios o mantenerlos dentro de márgenes predecibles (Dryzek, 2016; Beck, 2016:29).

Para Beck, esta presión se traduce en un proceso de "reforma" meta-política del orden del estado-nación, la reinterpretación y reformulación de las normas y las instituciones bajo la influencia de conceptos y prácticas de origen cosmopolita. La catástrofe activa nuevos conflictos y contradicciones políticas, en espacial a partir de la respuesta de los grupos sociales que ven en la dinámica vertiginosa del cambio la amenaza a sus intereses o el riesgo de sufrir exclusión social. Por lo mismo, la tendencia es reaccionar para mantener artificialmente las certidumbres, proteger el *status quo* o intentar regresar a un estado de cosas que ha dejado de existir (Beck, 2016:29-30; Bauman, 2017).

Aunque la visión de metamorfosis que esboza Beck como parte de su trabajo póstumo va de la mano con la noción de catástrofe, no implica asumir una interpretación optimista o pesimista sino reconocer la entrada a un territorio tan desconocido como inevitable. Rechaza aquellas posiciones que sólo ven destrucción o la pérdida de los viejos referentes en la catástrofe o las voces que auguran un mundo nuevo lleno de posibilidades. Su enfoque entiende la metamorfosis del mundo en su relación con la catástrofe como un hecho inevitable, un cambio de época como transformación de horizontes temporales en los que puede haber tanto oportunidades desconocidas como riesgos anteriormente inconcebibles que agudicen el sufrimiento de millones de personas. Al evidenciar el riesgo y la catástrofe, las consecuencias no previstas de macro procesos, la metamorfosis aumenta la relevancia del hacer y pensar la política como un "catastrofismo emancipatorio", en la que se proyecta una transformación con potencial para una emancipación social profunda y desde donde los efectos negativos integran también efectos positivos y nuevos tipos de bienes públicos (Beck, 2015:77-79; Beck, 2016:115-124).

El cambio climático, como una forma de catástrofe global en la que se pierde definitivamente la distinción entre naturaleza y sociedad, nos confronta con nuevos horizontes de pensar y hacer, de concebir la política en forma cosmopolita más allá de los límites y restricciones del Estado-nación.

La noción de catástrofe emancipatoria se entiende en este contexto como coexistencia ambivalente de riesgo, vulnerabilidad y shock, con la irrupción de con espe-

ranza y catarsis social. En este sentido, más que promover discusiones o buscar acuerdos desde una lógica que responda a la pregunta "qué debemos hacer para contener el cambio climático", implica alterar la perspectiva para responder "qué nos hace el cambio climático como sociedad y cómo altera irremediablemente el orden político y social".

En otras palabras, para Beck la metamorfosis del mundo del cambio climático global es inevitable, la cuestión de fondo es si tendremos la capacidad para cambiar nuestros horizontes de pensamiento y acción y permitir que emerjan nuevas formas de innovación, cooperación, competencia y legitimidad política o, por el contrario, que la dimensión de los riesgos globales nos arroje a escenarios de caos, destrucción y conflictos violentos (Beck, 2015:78-79; Beck, 2016,35-47).

HACER Y PENSAR LA POLÍTICA EN EL ANTROPOCENO

Si tomamos en serio la hipótesis del Antropoceno, una naturaleza humanamente alterada con efectos de retroalimentación impredecibles en los ciclos vitales del planeta, el enfoque de metamorfosis y catástrofe desarrollado por Beck hace sentido para comprender la magnitud del cambio en el mundo y sus consecuencias, el tipo de escenarios críticos que deberá enfrentar la humanidad en un futuro no muy lejano. Dos aspectos resultan especialmente polémicos de la argumentación de Beck: por un lado, se énfasis en la existencia de aspectos positivos y negativos para las sociedades humanas coexistiendo como parte de una emancipación catastrófica; por otro, sugerir que ha dejado de tener sentido discutir lo que debe hacerse con objeto de contener el cambio climático, para enfocar la acción a los efectos positivos y negativos de la catástrofe.

Es indudable que algunas regiones tendrán mayor capacidad para generar capacidades de adaptación bajo un escenario de incrementos en la temperatura en el rango de los 2ºC, incluso es posible que puedan obtener beneficios en el mediano plazo con aumentos graduales en la temperatura. Sin embargo, para otras regiones, como África, Centroamérica, el sureste de Asia o los estados insulares, es difícil concebir que los efectos positivos serán lo suficientemente significativos como para equilibrar las consecuencias destructivas del aumento en la temperatura global. En otras palabras, para la mayoría de los Estados la catástrofe climática no representa ninguna forma de emancipación.

La perspectiva del riesgo de una catástrofe climática global, escenario que se perfila ante la incapacidad de la comunidad internacional para implementar acciones efectivas que estabilicen las emisiones de GEI, como advierte el IPCC 2018, nos obligan a preguntar ¿Qué forma debe tomar la política en el Antropoceno? ¿Qué puede hacer la política para poder contener las consecuencias destructivas del calentamiento global y conducir la vida de las comunidades humanas en un contexto caracterizado por pérdida de los horizontes de certidumbre, ante la metamorfosis del mundo?

Recientemente, Jamieson y Di Paola (2016) han destacado la importancia de responder este tipo de preguntas frente a la magnitud de transformaciones y el tipo de amenazas que para la vida humana y los ecosistemas implica la entrada en el Antropoceno. Ante la forma sin precedentes en que la humanidad ha afectado la vida

del planeta y, con ello, se ha afectado a sí misma, definir marcos de referencia más adecuados para la gobernanza en el mundo turbulento e incierto del Antropoceno, requiere a la teoría política replantear los fundamentos analíticos mismos de la vida política, los principios e instituciones que la han regulado y que en muchos sentidos resultan ahora obsoletos.

Desde esta perspectiva, esto supone discutir la forma en que el Antropoceno altera irreversiblemente cuatro aspectos centrales para la teoría política liberal:

1) qué significa la agencia colectiva, quiénes son los agentes más vulnerables cuyos intereses es necesario proteger y qué tipo de nuevos actores irrumpen para determinar los procesos de toma de decisiones democráticas;

2) cómo definir el alcance de la responsabilidad ante contextos inciertos, consecuencias impredecibles, fragmentación de las decisiones colectivas, problemas de causalidad, erosión de la frontera público-privado y existencia de efectos intergeneracionales;

3) cómo estructurar procesos de gobernanza efectivos cuando infinidad de actores interaccionan conflictivamente en forma multinivel, desde lo local hasta lo global, con diferentes objetivos y responsabilidades difusas;

4) finalmente, la idea de legitimidad política, las formas tradicionales de consenso y acuerdo, se erosiona ante la incapacidad de las autoridades nacionales y las agencias internacionales para responder ante los retos del Antropoceno, agudizando la crisis de credibilidad de las instituciones políticas.

Siguiendo la argumentación de Beck, las certidumbres en torno a los conceptos y prácticas políticas se ha erosionado, dejando paso a un mundo que no termina de tomar forma y definirse claramente, pero en el que los riesgos son de mayor magnitud y mucho más inminentes. Desde esta lógica, no solamente las concepciones tradicionales de agencia, responsabilidad, gobernanza y legitimidad pierden su sentido, ideas fundamentales para la discusión en torno al alcance y efectividad de las políticas de cambio climático, como mitigación, adaptación, negociación internacional, instituciones, futuro y justicia, requieren ser definidas nuevamente. Hay que pensarlas, de manera distinta:

> Mitigación: el corazón de la arquitectura climática global, a pesar de la importancia de impulsar esquemas de adaptación que permitan proteger a los Estados más pobres y la población más vulnerable, ha radicado en realidad en la definición de criterios para distribuir con eficiencia y justicia las obligaciones de reducción de emisiones entre Estados desarrollados y en vías de desarrollo. Sin embargo, la imposibilidad de los acuerdos para garantizar compromisos de reducción de emisiones congruentes con el objetivo de no permitir aumentos en la temperatura por encima de los 2ºC, lo que va acompañado de una tendencia creciente en la trayectoria de las emisiones globales y un margen de tiempo cada vez más reducido para estabilizarlas, afecta el sentido de la idea de mitigación como la hemos entendido para dejar paso a opciones que dependen del cambio

tecnológico o la captura de GEI por medio más drásticos como la geoingeniería. Lo cual tiene como consecuencia favorecer los intereses económicos de los países desarrollados, responsables en mayor medida de los inventarios de GEI, o fomentar la intervención directa sobre la atmosfera a través de procesos cuyos efectos pueden resultar impredecibles y que son disponibles para pocos países.

Adaptación: mientras que mitigación es un concepto de carácter "negativo", nos dice que tenemos la obligación de dejar de hacer algo, adaptación tiene un sesgo "positivo", señala la importancia de actuar ante la existencia de cambios inevitables que ponen en riesgo a la población. De la misma forma y a pesar de que los países más vulnerables han señalado los graves riesgos a los que los somete el cambio climático, la idea de adaptación presupone que es posible adaptarse, alcanzar un nuevo estado de equilibrio a pesar del aumento en la temperatura y sus consecuencias. La entrada en el Antropoceno o la concepción de metamorfosis catastrófica, nos llevan a cuestionar la forma en que hemos entendido la posibilidad de adaptarnos y nos advierte que, de no contener la trayectoria en las emisiones globales, las alteraciones a los ciclos biogeofísicos del planeta serán tan drásticos, que la adaptación difícilmente será posible o no será una alternativa disponible para todos los Estados y, por lo mismo, que la población más vulnerable difícilmente tendrá la capacidad de adaptarse a cambios acelerados e impredecibles.

Negociación internacional: desde 1992 y hasta la firma del AP 2015, las expectativas de contener el aumento en la temperatura y acotar las consecuencias inevitables del cambio climático, se han centrado en la capacidad y voluntad de la comunidad internacional para alcanzar un acuerdo relevante, eficiente y equitativo. La COP 21 se tradujo en un optimismo moderado en torno a la posibilidad de traducir en políticas nacionales más efectivas a través de la reducción de emisiones comprometida en forma voluntaria. Después de la publicación de IPCC 2018, deja de ser claro que los compromisos alcanzados por la comunidad internacional sean suficientes. El Antropoceno no sólo pone en duda la efectividad de los acuerdos firmados y las cumbres climáticas celebradas, coloca en el centro de los cuestionamientos la estructura misma de la negociación climática global. Ante el riesgo de eventos catastróficos y ciclos de retroalimentación impredecibles, no es descartable que el modelo de negociación global de esfuerzos agregados o de responsabilidad compartida, deje paso a un esquema de negociaciones bilaterales, regionales o de decisiones minilateralistas entre los países desarrollados. Lo cual tiene como consecuencia supeditar los intereses de los países más pobres a la agenda de intereses y el sentido del tiempo político de las grandes potencias (Barret, 2007).

Futuro: la metamorfosis del mundo implica en sí misma una alteración profunda del futuro o la imposibilidad misma de que exista un futuro para la humanidad. Por lo general se asume que el cambio climático representa un problema a futuro, donde las decisiones de las generaciones actuales ponen en riesgo la calidad de vida de las generaciones que están por nacer. La noción de Antropoceno nos advierte que esta es una perspectiva equivocada, las consecuencias del calentamiento global afectan a las generaciones vivas y futuras. La magnitud

del riesgo tiende a ser diferenciado y sin duda se agudiza conforme aumenta la temperatura, sin embargo, la vulnerabilidad que enfrentan las comunidades humanas es un factor que ha dejado de ser un problema que deberán enfrentar en las próximas décadas sólo quienes no han nacido todavía. Hablar de consecuencias intergeneracionales implica en realidad referir al riesgo de catástrofe anidado generacionalmente.

Instituciones: diversos autores (Beck, 2016; Dryzek, 2016; Pattberg y Zelli, 2016; Hoffman y Devereaux, 2018; Dryzek y Pickering, 2019; Le Clercq 2019) han señalado que las estructuras institucionales tal como las entendemos, son insuficientes para regular las interacciones sociales, establecer horizontes de certidumbre política o generar capacidades para la toma de decisiones en los contextos de cambio catastrófico propios del Antropoceno. Transformar el sentido del diseño y cambio institucional para el Antropoceno es indispensable, pero esto representa un objetivo político más fácil de identificar que de cumplir. Dryzek (2016) advierte en la reflexibilidad ecosistémica, la capacidad de las instituciones para auto-identificar cambios y adaptarse innovando ante de los retos que presenta el ambiente, la primera virtud de las instituciones en el Antropoceno. Sin embargo, las instituciones son estructuras que por su propia naturaleza política cambian en forma gradual, como resultado de equilibrios en la competencia económica y el conflicto social y que están sujetas a trayectorias dependientes que afectan la posibilidad de obtener impulsar formas de desempeño más eficientes o equitativo (Pierson,2000; Acemoglu y Robinson, 2012). Esperar transformaciones institucionales dinámicas y reflexivas como respuesta a ambientes que cambian en forma catastrófica, supone esperar que el cambio institucional depende exclusivamente de factores exógenos e ignorar los factores políticos y distributivos que lo afectan o imposibilitan.

Finalmente, la metamorfosis del mundo hacia el Antropoceno obliga a discutir el significado y alcance de la justicia distributiva. Los conflictos y formas de exclusión social emergentes en un mundo de naturaleza humanamente alterada, las consecuencias sociales de desastres naturales y la obligación internacional de distribuir cargas de cooperación y reparar los daños provocados por el cambio climático, suponen retos para los que el debate tradicional sobre la justicia no está preparado o que tienden a tienden a asumirse como compatibles automáticamente con las exigencias de la sustentabilidad (Dobson,1998; Posner y Weisbach, 2010; Caney, 2014; Jamieson, 2014; Moellendorf, 2014; Shue, 2014). Lo que la hipótesis del Antropoceno nos permite entender, es que las consecuencias del aumento en la temperatura se traducirán en formas más profundas de exclusión combinadas con grados de alta vulnerabilidad especialmente en los países pobres en desarrollo y entre la población excluida socioeconómicamente en los países desarrollados. Lo cual involucra la responsabilidad moral de distribuir globalmente recursos y oportunidades hacia los países pobres y en desarrollo, algo que los países desarrollados, responsables y beneficiarios históricos de la revolución industrial y de sus consecuencias ambientales, no estarán dispuestos a asumir.

CONCLUSIÓN

La noción de metamorfosis nos lleva a plantear panoramas de transformación en los cuales los riesgos de eventos de consecuencias impredecibles se multiplican. Discutir el sentido del cambio del mundo y la alteración humana de los ciclos naturales nos confronta con escenarios de riesgo y amenazas para las cuales las sociedades humanas difícilmente están preparadas. Asumir la magnitud de la catástrofe potencial que enfrentan las comunidades humanas, la dimensión de horizontes de incertidumbre y riesgo, es algo que necesariamente abruma y que provoca una sensación de incapacidad para comprender el alcance de las transformaciones futuras. De igual forma, la experiencia de las negociaciones internacionales y el diseño de políticas nacionales se traduce en impotencia al identificar la necesidad de impulsar cambio institucional desde el ámbito nacional hasta los espacios de gobernanza globales.

Discutir la metamorfosis del mundo desde la hipótesis del Antropoceno, es reconocer que la humanidad entra en una era caracterizada por condiciones de vida en ciclos naturales alterados irreversiblemente por la acción del hombre, pero sobre todo para aspirar a contener las consecuencias catastróficas de ese mundo impredecible e incierto, implica una reformulación profunda de los principios e instituciones de la política, del pensar y hacer la política, tal como lo hemos entendido en el pasado. Refiere a un proceso de reflexividad crítica, tan indispensable como urgente, que permita impulsar una acción colectiva nacional y global más dinámica e incluyente, que oriente la toma de decisiones hacia la generación de capacidades institucionales más efectivas y equitativas, para enfrentar los procesos de cambio catastrófico acelerados y los contextos de incertidumbre que serán parte de nuestro futuro cercano, que de hecho se manifiestan ya como parte de nuestra cotidianidad, pero para los que no están preparadas las sociedades humanas.

FUENTES DE CONSULTA

Acemoglu, Daren y James A. Robinson (2012) *Why Nations Fall*, Crown Business: New York.

Barret, Scott (2007) *Why Cooperate?* New York: Oxford.

Bauman, Zigmunt (2017) *Retrotopía,* Barcelona: Paidós.

Beck, Ulrich (2006) *La sociedad del riesgo*, Barcelona: Paídos.

Beck, Ulrich (2015) "Emancipatory catastrophism: What does it mean to climate change and risk society?" *Current Sociology*, 2015, Vol. 63(I), p.75-88.

Beck, Ulrich (2016) *The Metamorphosis of the World*, Malden M.A:, Polity Press.

Berman, Marshall (1992) *Todo lo sólido se desvanece en el aire*, México: Siglo XXI.

Caney, Simon (2014) "Two Kinds of Climate Justice: Avoiding Harm and Sharing Burdens", *Journal of Political Philosophy*, Vol. 22, No. 2, April, 125-149.

CMNUCC (1998) Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas

sobre Cambio Climático United Nations, disponible en https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf Consultado 27 de mayo de 2019

CMNUCC, (2015) Acuerdo de París, United Nations Framework Convention on Climate Change, disponible en http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf Consultado 27 de mayo de 2019

Deese, Brian (2017) "Paris Isn´t Burning", *Foreign Affairs*, July-August, disponible en https://www.foreignaffairs.com/articles/2017-05-22/paris-isnt-burning Consultado 27 de mayo de 2019

Dobson, Andrew, (1998) *Justice and the Environment*, New York: Oxford.

Dryzek, John (2016) "Institutions for the Anthropocene: Governance in a Changing Earth System", *British Journal of Political Science*, Volume 46, Issue 4, October 2016, p. 937-956.

Dryzek, John Y Jonathan Pickering (2019) *The Politics of the Antropocene*, New York: Oxford.

Gordon, Kate y Julius Friedmann (2018) "Climate Change is a Chronic Condition", *Foreign Affairs*, September 18, disponible en https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2018-09-18/climate-change-chronic-condition Consultado 27 de mayo de 2019

Hoffman, Andrew J. y P. Deveraux Jennigs (2018) "Institutional-Political Scenarios for Anthropocene Society, *Business & Society*, December 12, 1–38, disponible en https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0007650318816468?journalCode=basa Consultado 27 de mayo de 2019

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018) *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty,* Geneva, Switzerland: 32 pp.

Jamieson, Dale (2014) *Reason in a Dark Time*, New York: Oxford.

Jamieson, Dale W. y Marcelo Di Paola, "Political Theory for the Antropocene", en David Held y Pietro Maffettone, *Global Politcal Theory*, Malden M.A., Polity Press, pp. 244-281.

Le Clercq, Juan Antonio (2019) "Instituciones para el Antropoceno. ¿Son efectivos el Acuerdo de París y los Objetivos para el Desarrollo Sostenible?", en Fausto Quintana (coord.), *Sociedad global, crisis ambiental y sistemas socio-ecológicos*, México: UNAM.

Mehling, Michael, Gilbert Metcalf y Robert N. Stavins (2017) Linking Heterogeneous Climate Policies (Consistent with the Paris Agreement), Harvard Pro-

ject on Climate Arrangements ES 17-6, Harvard: disponible en https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/mehling-metcalf-stavins-final171019-1020.pdf Consultado 27 de mayo de 2019

Moellendorf, Darrel (2014) *The Moral Challenge of Dangerous Climate Change: Values, Poverty, and Policy*, New York: Cambridge.

Nordhaus, Ted, "The Two-Degree Delusion", *Foreign Affairs, February 8,* disponible en https://www.foreignaffairs.com/articles/world/2018-02-08/two-degree-delusion Consultado 27 de mayo de 2019

Pattberg, Phillip. H. y Fariborz. Zelli, (eds.) (2016) *Environmental Politics and Governance in the Anthropocene: Institutions and Legitimacy in a Complex World*, New Yok: Routledge.

Pierson, Paul (2000) "Increasing Returns, Path Dependence and the Study of Politics", *The American Political Science Review*, Vol. 94, No2. 2, Jun., p. 251-267

Posner, Eric y David Weisbach, (2010) *Climate Justice,* Princeton: Princeton University Press.

Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, *et al,* (2009) "Planetary boundaries: Exploring the safe the safe operating space for humanity", *Ecology and Society* 2009, 14 (2):32 disponible en http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/ Consultado 27 de mayo de 2019

Shue, Henry, (2014) *Climate Justice. Vulnerability and Protection*, New York: Oxford.

Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockstrom, *et al*, (2015) "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", *Science*, 13 February 2015, disponible en http://science.sciencemag.org/content/early/2015/01/14/science.1259855

Capítulo 18

Una perspectiva realista sobre el combate al cambio climático

Gustavo Sosa Núñez

RESUMEN

Se busca evitar que la temperatura del planeta se incremente en 1.5°C, pues es el límite para reducir el nivel de riesgo que la humanidad experimentará en el futuro. El reporte especial del IPCC sobre el tema señala la urgencia por actuar, pues la ciencia indica que aún es posible ralentizar el impacto del cambio climático y evitar llegar a dicha temperatura. Se debe dar un cambio radical en el estilo de vida, el uso de energía, y los patrones de producción y consumo. Sin embargo, el problema radica en la insistencia a continuar el desarrollo en base a los combustibles fósiles y a ralentizar la transición energética a renovables, a pesar de los discursos en dirección contraria, y aunado a la indiferencia al tema por parte de la población en general. Ante esto, predominarán las estrategias de adaptación al cambio climático desde un enfoque de seguridad nacional.

Palabras clave: cambio climático; adaptación; mitigación;

ABSTRACT

There is the intention to keep the temperature of the planet below 1.5°C, as this is the limit at which future risks to humankind can be managed. The IPCC Special Report on this issue points at an urgency to act, since science indicates that there is still room to slow down the impact of climate change and, hence, to avoid reaching 1.5°C. For this, a radical change is needed in lifestyle, energy use, and production and consumption patterns. However, the problem resides in the insistence to continue fossil fuels-based development and the slow transition to renewable energy, despite of official discourses stating otherwise and jointly with the apathy from the general population towards this issue. With this, adaptation strategies will become the key part in climate change policy, thus becoming a national security issue to approach.

Keywords: climate change; adaptation; mitigation;

INTRODUCCIÓN

Este libro pregunta si aún estamos a tiempo para mantener el incremento de la

temperatura del planeta en 1.5°C. Este es el límite para reducir el nivel de catástrofe que la humanidad experimentará en el futuro, según lo que dicen científicos y ha sido acordado por políticos.

La respuesta es "NO". Ya aumentó la temperatura en 1ºC desde que inició la era industrial, y se proyecta pasar el 0.5ºC restante entre los años 2030 y 2052 (IPCC, 2018). Hay un lapso de tiempo entre la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y su efecto en el clima, lo que significa que el mundo todavía experimentará un incremento en temperatura y de nivel del mar (Darby y Stefanini, 2018), aunque emisiones pasadas no necesariamente infieren en que se llegue al umbral señalado. El problema es que el cambio radical se debe dar ya, sin embargo, la reticencia humana a dicho cambio (con los esfuerzos que esto implica), la indiferencia al tema, y la necedad por continuar con los patrones de producción y consumo del sistema económico actual no abonarán a la solución.

Acompañando la necedad de continuar como hasta ahora está la negativa de actores poderosos e influyentes a considerar el cambio climático como un hecho real y presente, como sucede con diversos gobiernos del mundo; destacando actualmente los de Estados Unidos (con la Administración Trump) y Brasil (con el recientemente ungido Bolsonaro). También se han encontrado posiciones divergentes, como el argumento de que el cambio climático había cedido y estaba en pausa; aunque ya está científicamente comprobado que esto no era cierto (Risbey et al., 2018; Lewandosky et al., 2018).

En este sentido, la presente contribución infiere que el cambio climático no es prioridad para la gran mayoría de los gobiernos y las sociedades, aun cuando se reconoce el tema y está en la agenda global. No ha permeado a niveles locales, y existe ignorancia y reticencia a transitar a modelos de convivencia menos contaminantes, pues implica cambios en estilos de vida que no estamos dispuestos a realizar por cuenta propia. Además, hay proyecciones que indican que ya pasó la posibilidad de evitar llegar a 1.5ºC, y que, si se hace un esfuerzo monumental, quizá se pueda evitar llegar a los 2ºC (Rogelj et al., 2016). En este contexto, será entonces el proceso de adaptación el que cobre mayor relevancia, teniendo mayores implicaciones (económicas, sociales, culturales, y, evidentemente, ambientales) en los países en vías de desarrollo y geográficamente vulnerables.

Así, en el siguiente apartado se muestran señalamientos del reporte del IPCC sobre 1.5°C, y se ejemplifica cómo la humanidad actúa con rumbo ralentizado, o en dirección contraria a tales señalamientos. Posteriormente se presentan perspectivas del autor sobre el reporte, así como breves comentarios conclusivos.

EL REPORTE ESPECIAL DEL IPCC

El reporte en cuestión surge por la invitación que se le hizo al Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), en el contexto del Acuerdo de París, para emitir un documento sobre el impacto del incremento de la temperatura global en 1.5°C sobre niveles preindustriales. A fin de fortalecer la

respuesta global a la amenaza del cambio climático, simultáneo a la promoción del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza; el reporte del IPCC presenta hallazgos clave según la literatura científica, técnica y socio-económica disponible para evaluar un aumento de 1.5°C, así como un comparativo en un supuesto con incremento de temperatura a 2°C.

La información presentada es alarmante. Las actividades humanas han ocasionado un incremento de 1°C aproximadamente y, como se comentó previamente, es probable que se llegue a 1.5°C entre 2030 y 2052 si la tendencia creciente se mantiene como hasta ahora (IPCC, 2018). El calentamiento ocasionado por las emisiones antropogénicas continuará por siglos y ocasionará cambios a largo plazo en el sistema del clima. De ahí la importancia de reducir drásticamente el nivel actual de emisiones. El reporte hace referencia a tener "emisiones netas cero", lo que indica la resistencia de los tomadores de decisiones a realizar cambios sustanciales a las condiciones actuales; pues este concepto contempla que las industrias y empresas puedan aumentar sus emisiones de GEI si éstas son simultáneamente secuestradas con mecanismos de mercado y tecnologías que no necesariamente cuentan con el apoyo de actores ambientalistas. La idea para llevar a cabo estas "emisiones netas cero" comprende llevar una contabilidad, que no necesariamente es la realidad, que "muestre que esas emisiones serán supuestamente absorbidas en otra parte y el resultado dará cero, por lo que no hay de qué preocuparse" (Ribeiro, 2015). De cualquier forma, aun buscando emisiones netas cero, resulta prácticamente imposible lograrlo considerando que el secuestro natural de carbono no empata con las emisiones por los patrones de producción y consumo actuales.

Los riesgos asociados al clima en los sistemas naturales y humanos serán mayores en el futuro, y estarán relacionados a la magnitud del calentamiento, la ubicación geográfica, los niveles de desarrollo y de vulnerabilidad, así como a las opciones de mitigación y adaptación que se implementen. Y si se considera que los modelos climáticos proyectan diferencias robustas de las características del clima entre la actualidad y escenarios con aumento de temperatura en 1.5°C y 2°C (incremento de temperatura, calor extremo, y exceso o déficit de precipitación pluvial, según región), se infiere que solo es cuestión de tiempo para que sucedan afectaciones que ocasione lo que ahora se considera solamente como riesgo. Al respecto, se pueden listar afectaciones a la salud, vivienda, seguridad alimentaria, seguridad humana, y el abastecimiento de agua, por citar algunos.

El aumento en el nivel del mar es un hecho (0.26 – 0.77 m para el año 2100), variando únicamente la medición cuando se observa el rango de temperatura (0.1 m entre 1.5°C y 2°C) (IPCC, 2018). Según el reporte, la clave para llegar a una u otra temperatura radica en la ralentización del cambio climático, a fin de comprar tiempo para incrementar la posibilidad de adaptación de sistemas naturales y humanos localizados en islas pequeñas, áreas costeras bajas, y deltas; pues aumentará la intrusión de agua salada, las inundaciones, y el daño a infraestructura. Por su parte, el incremento en la temperatura del océano fomentará la acidificación y la hipoxia; afectando los ecosistemas, la biodiversidad y la pesca, con efectos cascada en ámbitos económico, social, cultural y ambiental. Aunado a esto, los impactos tierra adentro incluirán la pérdida y extinción de especies de insectos, plantas y vertebrados; así

como transformaciones a los ecosistemas, especialmente la tundra de altas latitudes y los bosques boreales. Ahora bien, se reconoce que hay límites a la capacidad de adaptación de algunos sistemas naturales y humanos, y serán las islas pequeñas y los países menos desarrollados los que experimenten múltiples riesgos climáticos interrelacionados.

Para poder quedarse en 1.5°C, se necesita una reducción del 45% de emisiones netas de dióxido de carbono (CO_2) a niveles de 2010 para el año 2030, llegando a emisiones netas cero para 2050. El caso de 2°C implica una reducción del 25% para 2030 y emisiones netas cero para el 2070 (IPCC, 2018). En este contexto, se hace referencia a distintas medidas de mitigación, incluyendo la reducción de la intensidad del uso de energía y recursos, la promoción a la descarbonización, y la extracción de CO_2.

El problema radica en la insistencia a continuar el desarrollo en base a los combustibles fósiles. Sabiendo que hay que buscar transitar a otros esquemas y reducir la dependencia a este tipo de energía, se debe buscar mantener a los combustibles fósiles bajo tierra (Yona y Lenferna, 2016; Rimmer, 2016). También se debe dejar de considerar el descubrimiento de nuevos yacimientos como logros en beneficio de la humanidad, sino todo lo contrario (Gabbatiss y Gregory, 2019).

Otro problema refiere a la necesidad de buscar el crecimiento económico y proponer la reducción de la intensidad de energía y recursos. La incongruencia no es menor. Aun cuando se ha propuesto – y supuestamente documentado – el desacoplamiento del crecimiento económico de las emisiones de carbono mediante el fomento a la energía renovable (Obama, 2017), la realidad es que esta sugerencia es delusoria debido a tres aspectos (Ward et al., 2017):

1) La sustitución de energía fósil por energía más limpia o neutra en carbón no implica que las economías dejen de ser dependientes de recursos finitos. La eficiencia energética tampoco responde al problema, pues también alcanzaría sus límites.

2) La economía puede aparentar crecimiento sin usar más recursos debido al incremento de actividades financieras que no consumen muchos recursos, pero que conforman una creciente fracción del Producto Interno Bruto (PIB).

3) El traspaso del costo de modos de producción intensivos en recursos a lugares lejanos de los centros de consumo. Esto permite un incremento del PIB sin considerar los impactos ambientales en otro lado; pero si se considera la importación de materiales en lugar del consumo doméstico de materias primas, no existe mejora alguna en la productividad de recursos (Wiedmann et al., 2015).

En consecuencia, se debe fomentar otro tipo de indicadores para medir el progreso. La medición del bienestar puede abonar en este sentido, al estar intrínsecamente relacionada con un medio ambiente sano. También hay otros factores que afectan el bienestar y que no están contemplados en el PIB, como la distribución de la riqueza y el ingreso, la salud de ecosistemas regionales y globales, la calidad de la confianza

y las interacciones sociales a diferentes escalas, y el valor de la crianza de los hijos, el trabajo doméstico y el voluntario (Ward et al., 2017). Todos ellos pudieran ser un punto de partida para replantear la medición de progreso. Hay incluso propuestas de decrecimiento, no como recesión económica, sino como un modo diferente de vivir (Latouche, en Di Donato, 2009), así como otras posturas de post-crecimiento, como el caso del Buen Vivir del Ecuador y Bolivia; aunque el sistema económico actual puede considerar estas opciones como utópicas e irrelevantes a niveles macro.

En el mismo plano utópico puede asumirse la propuesta que el reporte hace sobre la urgencia de realizar transiciones de gran calado en sistemas energéticos, de infraestructura (incluyendo transporte y edificios), e industriales; así como en la planeación territorial y urbana. Esto a fin de reducir sustancialmente las emisiones de todos estos sectores. Ahora bien, la utopía no radica en la propuesta per se, pues se detallan pasos y porcentajes para la acción, sino en la reticencia que puede haber para transitar urgentemente a otros estilos de vida. Quizá esto sea posible solo en escenarios extremos. Por ejemplo, Delina (2017) ha propuesto desarrollar estrategias rápidas para mitigar el clima basadas en la movilización en tiempos de guerra.

En adición a las acciones drásticas, el reporte sugiere implementar la remoción de CO_2 de la atmósfera para lograr emisiones netas negativas. Opciones a escalas pequeñas podrían ser más más eficientes que una sola opción a gran escala; y las relacionadas a la agricultura y silvicultura podrían permitir el secuestro del carbono y asistir en mejorar la biodiversidad, la calidad del suelo, y la seguridad local alimentaria, aunque serán necesarios sistemas de gobernanza si esto se quiere emplear a gran escala.

Otro GEI de importancia es el metano (CH4), cuya reducción de emisiones es crucial (35% para el 2050 en comparación a 2010) si es que hay que mantener la temperatura a un máximo de 1.5°C. No obstante, estudios indican un aumento de su presencia en la atmósfera (Brown, 2016), a pesar de los esfuerzos por reducir la emisión de este GEI. De hecho, desde 2007 se observa esta tendencia creciente, lo cual no estaba contemplado ni está del todo entendido (Nisbet et al., 2019). Esto es preocupante si se tiene la intención de reducir la presencia de CH4 en la atmósfera. Además, la reducción de este GEI pasa por modificar la producción industrial e intensiva de ganado para consumo de carne y lácteos, lo que a su vez implica una transformación de patrones de alimentación, nutrición, y culturales que podría ser sumamente complicada en diversas regiones del planeta.

Se reconoce que las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) que se incluyeron al Acuerdo de París de 2015 no son suficientes para mantener el incremento del calentamiento global menor a 1.5°C. Se observa el año 2030 como crucial, pues debe buscarse la reducción de emisiones previo a éste si se quiere tener una posibilidad de no exceder ese incremento en la temperatura. Esto es, las acciones complementarias para reducir emisiones posteriores al año 2030 no abonarán al objetivo (IPCC, 2018).

Se entiende que el problema es global, pero la conexión entre eventos hidrometeorológicos es mayor a lo anticipado. Se ha encontrado un patrón de relación entre lluvias extremas en distintas partes del mundo (Boers et al., 2019), lo que puede

inferir en la mejora de pronósticos de clima para proteger a la gente y limitar daños. Esto permite señalar que los esfuerzos a escala nacional deben estar coordinados oportunamente, pues así lo infiere dicha conexión de eventos; en lugar de buscar que cada estado-nación haga lo que considere apropiado, o lo que pueda hacer.

El contexto global del cambio climático implica que las acciones deben ser complementarias, y que se debe fomentar el desarrollo de los distintos pueblos del mundo. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible va en esa dirección, en la que un Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS), el número 13, refiere a la acción por el clima; pero también hay otros temas que se considera necesario abordar paralelamente, y que el reporte del IPCC (2018) identifica adecuadamente. La erradicación de la pobreza, la reducción de las desigualdades, el bienestar social, el acceso al agua, la seguridad alimentaria, la mejora en la salud, y la prosperidad económica van de la mano de la protección ambiental. En esta tesitura, se debe apoyar a las poblaciones en desventaja y a los pobres a que desarrollen acciones de mitigación y adaptación al cambio climático (especialmente las segundas); lo cual debe adecuarse a las particularidades de cada contexto (sea nacional o local).

El reporte menciona que es importante transitar a sistemas que permitan el incremento de inversión en infraestructura para mitigación y adaptación, la aceleración de la innovación tecnológica, y cambios en el comportamiento de las sociedades. Esto debe darse en el marco de la promoción al desarrollo sostenible resiliente al clima a niveles no solo nacionales, sino también regionales y locales. En suma, debe promoverse la cooperación internacional que contemple la participación de distintos actores no gubernamentales, como la sociedad civil, instituciones científicas y académicas, y la industria.

Otros temas deben incorporarse en este proceso de adaptación al cambio climático en un contexto de cooperación internacional. Tal es el caso de la transferencia de tecnología, las formas y los tipos en los cuales se debe llevar a cabo, tomando en cuenta la importancia de educar y fomentar el desarrollo de capacidades, con un enfoque de género que permita la consecución de esquemas de gobernanza horizontal y multisectorial con un sentido de justicia social.

PERSPECTIVAS

La ONU indica que, según la ciencia, aún hay esperanza, pues algunas medidas ya se están llevando a cabo para limitar el calentamiento global a 1.5°C, sólo es necesario acelerarlas; por lo que es importante aumentar la ambición y reforzar los planes nacionales de acción climática para acelerar la implementación del Acuerdo de París (ONU, 2018). Esto, a pesar de que parte de la comunidad científica considera que tal acuerdo es inadecuado porque no considera la urgencia para abordar el problema (Harvey, 2018a). Y eso que la Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés) 24, que tuvo lugar en Katowice, Polonia, se presentó como un éxito al haber asistido a poner el Acuerdo de París en práctica (Harvey, 2018b).

Paralelamente, se ha señalado el año 2020 para avanzar sustancialmente. La

campaña “Misión 2020” apunta en esa dirección, al definir seis metas macro sobre energía, transporte, uso de suelo, industria, infraestructura, y finanzas (Levin et al., 2019). El problema es que la humanidad continúa sin abordar a profundidad las soluciones reales (Ge et al., 2019), y ya es 2019.

El obstáculo principal es la forma de desarrollo y progreso que la sociedad global ha elegido. Habría un 64% de posibilidad de mantener la temperatura debajo de 1.5°C si toda la infraestructura a base de combustibles fósiles – generación de electricidad, industria, y transporte terrestre, marítimo y aéreo – fuera sustituida por alternativas que no emitieran carbón una vez que terminaran su período de vida (Smith et al., 2019). Ahora bien, este análisis no considera la posibilidad de la liberación repentina de metano de permafrost (Carrington, 2019a), lo cual podría contrarrestar todos los esfuerzos.

Pero no es tan simple cambiar, ni agilizar los procesos para un plan tan ambicioso. Smith et al. (2019) indican que, si las acciones se retrasan próxima la fecha a 2030, será más difícil mantener el calentamiento global en menos de 1.5°C, aun cuando se intensifique la reducción en el uso de combustibles fósiles para ese entonces. De hecho, hay proyecciones de afectaciones que será imposible impedir. Tal es el caso de la cordillera del Himalaya, donde un tercio del hielo se habrá derretido para el 2100. Dos tercios habrán desaparecido si no se toman acciones y se continúa sobre el mismo camino (Wester et al., 2019). En este contexto se puede encontrar la contaminación del aire de las zonas urbanas y megalópolis ubicadas a lo largo y ancho del orbe (WHO, 2019).

También se presentan patrones contradictorios a lo que se espera. Por ejemplo, el hielo de la parte suroeste de Groenlandia se está derritiendo cuatro veces más rápido que en 2003 debido al aumento de la temperatura del aire y la radiación solar, y esto contribuirá considerablemente al aumento en el nivel del mar (Bevis et al., 2019).

Se espera un “preocupante” incremento de CO_2 global para 2019 (Met Office, 2019, mencionado en Carrington, 2019b). Dicho incremento será ocasionado por la continua quema de combustibles fósiles y la destrucción de bosques, acompañados por condiciones propicias para un ENSO (El Niño Southern Oscillation) en este mismo año (Carrington, 2019b). Otro tema es la generación y el consumo de plástico, que es incesante ya que se encuentra a niveles exorbitantes, llegando incluso a lugares remotos del planeta (Cambridge Network, 2018).

COMENTARIOS CONCLUSIVOS

El futuro no luce promisorio, y el reporte especial del IPCC da fe de ello. Aun cuando la ciencia indica que es posible actuar, y el reporte buscar hacer un llamado de alerta (y no de resignación); la indiferencia, la negación y la necedad de evitar modificar los estilos de vida occidentales, así como los patrones actuales de producción y consumo, ocasionarán que el reporte sea recordado como una crónica de un desastre anunciado.

Con este panorama desalentador, caracterizado por la necedad de no implementar con la debida urgencia estrategias de mitigación efectivas y de largo alcance, ¿qué

queda por hacer? Se debe profundizar en las estrategias de adaptación desde una perspectiva de seguridad nacional, considerando un panorama de escasez de recursos en un contexto de libre mercado. La priorización de la formulación, desarrollo e implementación de estrategias y acciones de adaptación permitirá la reorientación de intereses y necesidades, pero esto no vendrá sin complicaciones de índole social, cultural, económica y, por supuesto, ambiental.

La referencia a la seguridad nacional radica en que serán los recursos naturales de cada país los que permitan mantener a flote a sus respectivas sociedades, pues la globalización y el intercambio internacional de mercancías experimentarán modificaciones. Y una desaceleración de la economía mundial puede ampliar aún más la brecha entre sociedades desarrolladas y en vías de desarrollo; lo que a su vez incidirá en el incremento de movimientos migratorios y cargas adicionales a los servicios públicos de las sociedades receptoras, además de los problemas sociales que usualmente vienen asociados.

El reporte especial del IPCC debe servir para valorar y replantear las acciones de adaptación necesarias por distintos actores para hacer frente a las modificaciones del clima y los ecosistemas naturales y humanos que sucederán conforme se incrementa la temperatura del planeta a 1.5ºC.

FUENTES DE CONSULTA

Bevis, M., C. Harig, S. A. Khan, A. Brown, F. J. Simons, M. Willis, X. Fettweis, M. R. van den Broeke, F. B. Madsen, E. Kendrick, D. J. Caccamise II, T. van Dam, P. Knudsen, y T. Nylen. (2019) "Accelerating changes in ince mass within Greenland, and the ice sheet's sensitivity to atmospheric forcing". *PNAS, 116*(6): 1934-1939. Disponible en: https://doi.org/10.1073/pnas.1806562116 [Acceso: 24 de febrero de 2019].

Boers, N., B. Goswani, A. Rheinwalt, B. Bookhagen, B. Hoskins, y J. Kurths. (2019) "Complex networks reveal global pattern of extreme-rainfall teleconnections". *Nature*. Letter. 30 de enero. Disponible en: https://doi.org/10.1038/s41586-018-0872-x [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Brown, A. (2016) "Methane on the rise". *Nature Climate Change, 6*(982). 26 de octubre. https://doi.org/10.1038/nclimate3149

Cambridge Network. (2018) "Microplastics pollution in Falklands as high as UK". Cambridge Netwrok. 11 de noviembre de 2018. Disponible en: https://www.cambridgenetwork.co.uk/news/microplastics-pollution-in-falklands-as-high-as-uk/ [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Carrington, D. (2019a) "Immediate fossil fuel phaseout could arrest climate change – study". *The Guardian*. 15 de enero de 2019. Disponible en: https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/15/immediate-fossil-fuel-phaseout-could-arrest-climate-change-study [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Carrington, D. (2019b) "'Worrying' rise in global CO_2 forecast for 2019". *The Guardian*. 25 de enero de 2019. Disponible en: https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/25/worrying-rise-in-global-co2-forecast-for-2019 [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Darby, M. y S. Stefanini. (2018) 37 things you need to know about 1.5°C global warming. Climate Home News. 8 de octubre de 2018. Disponible en: https://www.climatechangenews.com/2018/10/08/37-things-need-know-1-5c-global-warming/ [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Delina, L. L. (2017) *Strategies for Rapid Climate Mitigation: Wartime mobilization as a model for action?* Abingdon: EarthScan-Routledge.

Di Donato, M. (2009) "Decrecimiento o barbarie. Entrevista a Serge Latouche", Papeles Nº 107. Pp. 159-170. Disponible en: http://www.otrodesarrollo.com/critica/EntrevistaSLatoucheDecrecer09.pdf [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Gabbatiss, J. y A. Gregory. (2019) "Green campaigners condemn 'disgraceful' North Sea gas discovery hailed as biggest in a decade". *The Independent*. 30 de enero de 2019. Disponible en: https://www.independent.co.uk/environment/north-sea-gas-sea-oil-fossil-fuels-drilling-climate-change-global-warming-a8754156.html [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Ge, M., K. Lebling, K. Levin, y J. Friedrich. (2019) "Tracking progress of the 2020 climate turning point". Febrero de 2019. World Resources Institute. Disponible en: https://www.wri.org/publication/tracking-progress-2020-climate-turning-point?_ga=2.50519529.1397546582.1551043976-668112090.1548207148 [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Harvey, F. (2018a) "UN climate accord 'inadequate' and lacks urgency, esperts warn". *The Guardian*. 16 de diciembre de 2018. Disponible en: https://www.theguardian.com/environment/2018/dec/16/un-climate-accord-inadequate-and-lacks-urgency-experts-warn [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Harvey, F. (2018b) "We can move forward now: UN climate talks take significant step". *The Guardian*. 16 de diciembre de 2018. Disponible en: https://www.theguardian.com/environment/2018/dec/16/katowice-we-can-move-forward-now-un-climate-talks-take-significant-step [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Levin, K., K. Lebling, y M. Ge. (2019) "Cliamte action barometer: 12 charts explain where we are today, and where we need to be in 2020". World Resources Institute. Disponible en: https://www.wri.org/blog/2019/01/climate-action-barometer-12-charts-explain-where-we-are-today-and-where-we-need-be-2020?utm_source=facebook&utm_medium=world%20resources%20institute&utm_campaign=socialmedia [Acceso: 27 de mayo de 2019]-

Lewandowsky, S., K. Cowtan, J. S. Risbey, M. E. Mann, B. A. Steinman, N. Oreskes, y S. Rahmstorf. (2018) "The 'pause' in global warming in historical context: Comparing models to observations". *Environmental Research Letters*.

19 de diciembre. Disponible en: https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf372 [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018) Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers. Geneva, Switzerland: WMO-UNEP. Disponible en: https://www.ipcc.ch/sr15/ [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Nisbet, E. G., M. R. Manning, E. J. Dlugokencky, R. E. Fisher, D. Lowry, S. E. Michel, C. Lund Myhre, S. M. Platt, G. Allen, P. Bousquet, R. Brownlow, M. Cain, J. L. France, O. Hermansen, R. Hossaini, A. E. Jones, I. Levin, A. C. Manning, G. Myhre, J. A. Pyle, B. Vaughn, N. J. Warwick, y J. W. C. White. (2019) "Very strong atmospheric methane growth in the four years 2014-2017: Implications for the Paris Agreement". *Global Biogeochemical Cycles*. American Geophysical Union 100. https://doi.org/10.1029/2018GB006009

Obama, B. (2017) "The irreversible momentum of clean energy". *Science, 355*(6321): 126-129. 13 de enero de 2017. Disponible en: http://science.sciencemag.org/content/355/6321/126.full [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018) Reducir el calentamiento global en 0,5°C, la diferencia entre la vida y la muerte. 8 de octubre de 2018. Disponible en: https://news.un.org/es/story/2018/10/1443222 [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Ribeiro, S. (2015) Emisiones netas cero: ni netas ni cero. ETC Group. 24 de junio de 2015. Disponible en: http://www.etcgroup.org/es/content/emisiones-netas-cero-ni-netas-ni-cero [Acceso: 17 27 de mayo de 2019].

Rimmer, M. (2016) "Investing in the future: norway, climate change and fossil fuel divestment". En G. Sosa-Nunez y E. Atkins (eds.). *Environment, Climate Change and International Relations*. (Pp. 206-225). Bristol, UK: E-International Relations.

Risbey, J. S., S. Lewandowsky, K. Cowtan, N. Oreskes, S. Rahmstorf, A. Jokimäki, y G. Foster. (2018). "A fluctuation in surface temperature in historical context: reassessment and retrospective on the evidence". *Environmental Research Letters*. 19 de diciembre. Disponible en: https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf342 [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Rogelj, J., M den Elzen, N. Höhne, T. Fransen, H. Fekete, H. Winkler, R. Schaeffer, F. Sha, K. Riahi, y M. Meinshausen. (2016) "Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C". *Nature, 534*: 631-639. 30 de junio de 2016.

Smith, C. J., P. M. Forster, M. Allen, J. Fuglestvedt, R. J. Millar, J. Rogelj, y K.

Zickfeld. (2019) “Current fossil fuel infrastructure does not yet commit us to 1.5°C warming”. *Nature Communications*, 10, Article number: 101. Disponible en: https://www.nature.com/articles/s41467-018-07999-w [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Yona, L. y A. Lenferna. (2016) “The fossil fuel divestment movement within universities”. En G. Sosa-Nunez y E. Atkins (eds.). *Environment, Climate Change and International Relations*. (Pp. 190-205). Bristol, UK: E-International Relations.

Ward, J., K. Chiveralls, L. Fioramonti, P. Sutton, y R. Costanza. (2017) “The decoupling delusion: Rethinking growth and sustainability”. The conversation. 12 de marzo de 2017. Disponible en: https://theconversation.com/the-decoupling-delusion-rethinking-growth-and-sustainability-71996 [Acceso: 27 de mayo de 2019].

Wester, P., A. Mishra, A. Mukherji, y A. B. Shrestha. (coords.). (2019) *The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People*. Cham, Switzerland: Springer Open-ICIMOD-HIMAP.

Wiedmann, T. O., H. Schandl, M. Lenzen, D. Moran, S. Suh, J. West, y K. Kanemoto. (2015) “The material footprint of nations”. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 112(20): 6271-6276. https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110

World Health Organization (WHO). (2019) Ambient air pollution Health impacts. Disponible en: https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/ [Acceso 27 de mayo de 2019].

Capítulo 19

La habitabilidad humana ante el Cambio Climático Antrópico[1]

Sandro Cervantes Núñez y Carlos Gay García

Programa de Investigación en Cambio Climático y Centro de Ciencias de la Atmósfera

RESUMEN

La habitabilidad es un fenómeno dinámico, que depende de las interacciones y retroalimentaciones, entre la vida y las condiciones fisicoquímicas planetarias. Dentro de la habitabilidad terrestre, podemos encontrar la general, la taxonómica y la humana. Esta última se divide en natural y artificial. La general se ha mantenido por aproximadamente 4000 millones de años y no tenemos el poder para afectarla, pero a las otras dos sí, y esto puede poner en riesgo nuestra permanencia como especie. Considerando nuestras capacidades y avances, tecnológicos y científicos se nos ha considerado como una especie con evolución post-darwiniana. Con la agricultura, iniciamos nuestra habitabilidad artificial y gradualmente la hemos ido incrementando. La degradación ambiental y el cambio climático antrópico, cuyo principal motor es nuestro consumo desenfrenado, están afectando la habitabilidad taxonómica, de decenas a cientos de miles de especies. El cambio climático antrópico no es actualmente el principal motor de la afectación a la habitabilidad taxonómica y humana, pero se proyecta que incrementará sus efectos, e interacciones y retroalimentaciones con la degradación ambiental. Estamos en un momento decisivo de la historia humana, pero es necesaria la voluntad para actuar y actuar de inmediato.

Palabras Clave: Habitabilidad, Habitabilidad Humana, Cambio Climático, Resiliencia, Humanidad, Degradación Ambiental, Civilización.

ABSTRACT

The habitability is a dynamic phenomenon, that depends on the interactions and feedbacks, between the life and the planetary physicochemical conditions. Within terrestrial habitability, we can find the general, taxonomic and human. The latter is divided into natural and artificial. The general has been maintained for approximately 4 billion years and we do not have the power to affect it, but the other two, and this can jeopardize our permanence as a species. Considering our technological and scientific capacities and advances, we have been considered as a species with post-darwinian

1 Nuestro agradecimiento a Cristhian Chavero López, Juan Cervantes Picazo, Leonel F. Hernández Piña y Daniel Wilson, por el invaluable tiempo que dedicaron, así como los comentarios, correcciones y recomendaciones que brindaron en la versión preliminar de este capítulo

evolution. With agriculture, we started our artificial habitability and gradually we have been increasing it. Environmental degradation and anthropic climate change, whose main engine is our rampant consumption, are affecting the taxonomic habitability of tens to hundreds of thousands of species. The anthropic climate change is not currently the main motor of the affectation to the taxonomic and human habitability, but it is projected that it will increase its effects, and interactions and feedbacks with the environmental degradation. We are at a decisive moment in human history, so, we will to act and act immediately.

Key words: Habitability, human habitability, climate change, resilience, humanity, environmental degradation, civilization.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) y la degradación ambiental (DA), pueden representar la amenaza conjunta más inmediata e importante, no sólo para la economía y para la estabilidad sociopolítica global, sino para la supervivencia humana, dados sus efectos directos e indirectos en diversos escenarios de riesgo catastrófico, desde el nivel local hasta global (ver Cairns, 2014), con la posibilidad de desembocar en lo que se ha considerado como riesgo existencial[2] (ver Bostrom & Ćirković, 2011; Bostrom, 2013). El Informe Especial del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) presentado en Corea del Sur el año pasado, es una clara llamada de atención y de acción, no sólo a limitar el incremento de la temperatura atmosférica bajo el umbral de los 1.5ºC, sino a prepararnos y, comprender que nos encontramos en un estado de emergencia climática, por lo que las políticas que pongamos en marcha durante esta década, podrían determinar nuestro futuro, no sólo como civilización, sino como especie (IPCC, 2018).

Aun cuando todavía no es evidente para toda la humanidad, para la multiciencia es más factible comprender que esta amenaza conjunta (como riesgo catastrófico y existencial), o problemática climático-ambiental global (PCA), actúa a nivel de la habitabilidad planetaria (HaP) y por ende sobre la habitabilidad humana natural, que este planeta nos ofrece. De manera sencilla, definimos la HaP, como la capacidad fisicoquímica de un lugar natural, para albergar vida por un tiempo determinado (ver Shock & Holland, 2007, Javaux & Dehant, 2010), pero este fenómeno va más allá de una capacidad meramente abiótica, pues la vida en general, ha jugado y continuará haciéndolo, un papel fundamental en mantenerlo y moldearlo, a través del tiempo (Lovelock & Margulis, 1974). La habitabilidad como fenómeno complejo, que aún hoy en día no podemos explicar o describir completamente, se manifiesta a través de la estabilidad en las condiciones climáticas, en los ciclos biogeoquímicos, en la composición química de la atmósfera, en los procesos y composición química oceánica, así como en la estabilidad en la productividad y diversidad biológica de todos los ecosistemas.

El estudio y definición de la habitabilidad, como un fenómeno delimitado e incluso

2 Problemática ambiental y/o social, con el suficiente tamaño, potencia y complejidad, para afectar irreversiblemente la permanencia de nuestra especie.

repetible en el universo, ha sido del interés particular de la exobiología o astrobiología[3], un campo multidisciplinario del conocimiento científico, que requiere obviamente comprender y definir dicho fenómeno, para poder diseñar e implementar, los proyectos y la tecnología, adecuados y factibles, que le permitan alcanzar (con su limitado presupuesto), sus ambiciosos objetivos Marais & Walter, 1999; Horneck & Baumstark-Khan, 2012), algunos de los cuales, en caso de que afectemos irreversiblemente la habitabilidad humana natural de este planeta, podrían convertirse en los botes salvavidas de nuestra especie.

Normalmente en las ciencias biológicas así como en las ambientales[4], no se estudia el tema de la HaP como tal y las implicaciones de los riesgos catastróficos sobre ella, aunque a estas alturas de la PCA, sería muy conveniente hacerlo cuanto antes, esperando que no sea ya algo tarde para ello. No se trata de ser alarmistas, ni mucho menos pesimistas, se trata de encarar con responsabilidad y valentía una compleja realidad, la cual, gracias a nuestras nuevas capacidades de análisis de grandes cantidades de datos complejos (*big data*), y a las nuevas tecnologías y metodologías, de teledetección y percepción remota, de modelación numérica, de rastreo y análisis, entre otras, hemos comenzado a visualizarla y comprenderla mejor cada vez, ya que hemos logrado vincular los bienes de consumo y sus cadenas de suministro, así como las principales fuentes de carbono y algunas retroalimentaciones en el sistema climático, a impactos específicos sobre la biodiversidad y el calentamiento atmosférico (Lenzen et al., 2012; Plambeck, 2012).

Evidentemente, los seres humanos compartimos con toda la demás vida, la habitabilidad natural que nos ofrecen nuestra estrella y planeta, sin embargo, solo nosotros somos capaces de generar habitabilidad artificial, al adaptar el entorno a nuestras necesidades o al adaptarnos nosotros a ciertos entornos, inhabitables o difícilmente habitables (ciertas zonas de desiertos, regiones polares o de latitudes altas, regiones de alta montaña, la superficie del mar e incluso el espacio cercano) (Newsom, 1972; Winisdoerffer & Soulez-Lariviere, 1992). En esta capacidad de dominar o modificar el entorno (hasta cierto punto), o de producir los dispositivos, herramientas y materiales, que nos permiten adaptarnos a ciertas condiciones y/o lugares, hemos logrado establecernos como una especie cosmopolita dominante, y en el último siglo, hemos elevado exponencialmente el tamaño de nuestra población (Ehrlich & Ehrlich, 1990; McKee et al., 2004), y elevado nuestras condiciones y expectativa de vida. No obstante, como consecuencia de nuestro crecimiento poblacional sin control, pero principalmente debido a nuestra búsqueda irresponsable de confort, a nuestra ausente o insuficiente sustentabilidad, e incluso a nuestra arraigada "cultura de la avaricia"(Nowak & Sigmund, 2005; Rand et al., 2012), hemos sostenido un sistema de consumo (económico-productivo), que ha vuelto cada vez más profundas nuestras huellas de carbono y ecológica, sobrepasando algunos de los límites planetarios que hemos identificado o establecido (Rockström et al., 2009), y excedido la biocapacidad (Cohen, 1995; MEA, 2005; WWF, 2016), de nuestro relativamente pequeño pero

3 Campo multidisciplinario del conocimiento, que estudia el origen, evolución, distribución y futuro de la vida en la Tierra y en el Universo.

4 Multidisciplina cuyo principal objetivo es, buscar y conocer las relaciones que mantiene el ser humano consigo mismo y con la naturaleza.

abundante planeta finito.

No podemos seguir desarrollándonos de esta manera, sin un cambio drástico que traspase los estándares de la *actividad o gestión rutinaria (**Business as Usual**)*, pues de esta forma, continuará el aumento de la temperatura atmosférica, los cambios en la temporalidad y potencia de los patrones climáticos y la disminución severa actual de los sistemas y recursos naturales, que estabilizan y sustentan las sociedades modernas. Al igual como lo hemos hecho ante el CC y la DA, requerimos un pacto mundial en favor del estudio y cuidado de la habitabilidad terrestre (HaT), que aborde las preguntas cruciales sobre cuáles son los límites o umbrales de la misma, qué tanto la hemos afectado, cómo alimentar a la creciente población mundial sin afectarla, qué implicaciones tendrá sobre ella el calentamiento a 1,5°C o 2ºC y cómo restaurarla. En un futuro muy próximo, se hará evidente la urgencia, de una transición hacia una sociedad que frene y anule la DA, y neutralice las emisiones de carbono, mediante la financiación verde, la energía limpia, y la producción de alimentos y demás insumos necesarios, de una manera ambientalmente amigable. Además debemos controlar nuestro crecimiento poblacional y establecer un equilibrio dinámico con el ambiente. De no lograr todo esto, podríamos tener que recurrir a medidas extremas y peligrosas, para sobrevivir como especie e inteligencia, algunas de estas podrían ser la geoingeniería, la colonización y la terraformación [5] planetarias, aunque nunca se compararán con la alcanzable y preferible, sustentabilidad ecoclimática.

HABITABILIDAD GENERAL

Para poder comenzar a hacernos una idea del peligro que corremos como especie, ante la PCA actual, comprender mejor esta última y desarrollar estrategias que permitan controlarla o detenerla y revertirla, es necesario tener un mayor conocimiento sobre lo que es la HaP, o al menos, la HaT, e identificar y erradicar, los errores semánticos y conceptuales alrededor de ella.

Para cualquier ser humano, entender de manera general la HaT, no parece algo tan complejo, pues vivimos inmersos en una Biosfera, rodeados de especies de las cuales nos alimentamos, de aquellas que nos proporcionan momentos agradables o contra las que luchamos día con día. Comprendemos que la tierra es un lugar habitado y habitable, megadiverso en ambientes y especies, un lugar enorme con abundantes recursos naturales, que mantiene unas condiciones climáticas estables a mediana y gran escala. Todos los que leemos este texto, al menos, tenemos comida, un techo y ciertas comodidades que hacen de nuestro entorno, sino un lugar agradable, al menos uno habitable, y ante esto, prácticamente todos consideramos que esa habitabilidad es algo sólido, continuo y evidente, sin embargo, la tierra no fue habitable en su origen, y dejó y dejará de serlo para millones de especies a lo largo del tiempo (especies extintas, incluidas las especies de nuestro género *Homo*). En un futuro lejano y de manera natural, prácticamente toda la vida se extinguirá, cuando el sol se acerque al final de su "vida activa" sobre la secuencia principal estelar (ver Baliunas et al., 1995;

5 Conjunto de técnicas ingenieriles diseñadas para modificar el medio ambiente de otro planeta, para que pueda soportar la vida terrestre

Rushby et al., 2013). De manera artificial o mediada por el ser humano, la tierra puede dejar de ser habitable mucho antes, no para toda la vida, sino para nosotros y millones de especies, que se están viendo y se verán afectadas por los cambios que estamos imprimiendo en el clima y en la biodiversidad.

Tal y como lo mencioné anteriormente, la HaP no se estudia directamente en las ciencias biológicas, ni en las ambientales. Ambas ciencias pueden desarrollar bastante bien su labor, sin un estudio específico de la HaP, e incluso, sin una definición general de la vida, pues en el estudio de ambos fenómenos y del ser humano como parte de la naturaleza, se recurre al marco teórico-conceptual y metodológico (MT-CM), que gira en torno a el hábitat y el nicho ecológico[6] (López-García, 2007), y no requieren considerar a la vida y a las condiciones planetarias, íntima y complejamente ligadas, de la manera en como lo hacen los preceptos de la teoría de regulación de Gaia (Lovelock & Margulis 1974; Schneider et al. 2004). Sólo en la exobiología, debido a sus metas y objetivos (ver Des Marais et al., 2008; Fridlund et al., 2010), la HaP se estudia y se busca, como un fenómeno local, regional y global, pero más allá de la Tierra. Obviamente, la exobiología utiliza los MT-CM de todas las disciplinas que la integran (biología, astronomía, química, física, geología, etc.), para realizar su labor y ha contribuido bastante al estudio de la HaT y HaP (ver Lammer et al., 2009; Cockell et al., 2016; y referencias en ellos). Sin embargo, al ser una multidisciplina joven; al estar dominada por las necesidades, intereses, pensamiento, visión y metodologías de la astronomía, así como de las agencias espaciales con más recursos y con más influencia mundial (NASA y ESA); y debido a la baja participación de la biología (más precisamente de la Ecología), ha arrastrado y generado, imprecisiones, confusiones y centrismos, que tampoco han permitido un mejor entendimiento o mejor definición de la habitabilidad general, cómo fenómeno posiblemente universal.

En base a todos los avances teórico-conceptuales que llevamos hasta la fecha, es posible proponer una clasificación dentro de la habitabilidad general. Esta última puede dividirse en HaP y habitabilidad espacial, donde la HaP puede dividirse a su vez, en HaT, exohabitabilidad y xenohabitabilidad, mientras que la habitabilidad espacial puede dividirse en interplanetaria e interestelar. La exohabitabilidad tendría que referirse a la habitabilidad generada por nosotros o algún(nos) organismo(s) terrestre(s) (transportados de manera natural o artificial); mientras que la xenohabitabilidad, a aquella desarrollada por organismos no terrestres (xenovida), ambas, en cualquier otro cuerpo planetario diferente a la tierra. La habitabilidad espacial, es aquella que ha comenzado a desarrollar el ser humano, más allá de la tierra, en el espacio entre planetas (cómo en la Estación Espacial Internacional, la Estación Espacial China y la Rusa) (Kennedy & Capps, 2000; Cyranoski, 2011), o la que podría desarrollar en el espacio entre estrellas. Todas estas habitabilidades podrían parecer ficción científica (SciFi, por sus siglas en inglés), para el lector de este capítulo y libro, pero en su momento podrían ser los únicos medios reales para estudiar la posible xenovida existente en el universo o para expandirnos como especie tecnológicamente avanzada (ETA) (Tipler, 1981; Bradbury et al., 2011), a través de exohabitabilidad; esta expansión podría darse por puro gusto y/o fines comerciales (recursos minerales, agua, viajes turísticos, etc.),

6 El concepto ecológico de nicho describe, de forma general, el rango de condiciones ambientales, físicas y bióticas, en las cuales una especie, o más precisamente, una población local, puede vivir y perpetuarse exitosamente.

para sobrevivir como especie, a la natural evolución biológica y cósmica (planetaria y estelar) (Chaisson & Chaisson, 2002; Lunine, 2013); o para sobrevivirnos a nosotros mismos (Joy, 2000; Ikle, 2006).

HABITABILIDAD TERRESTRE

Si tuviésemos que definir la HaT de manera sencilla, podríamos decir que se trata de un fenómeno bio-planetario, es decir, que involucra factores abióticos (solares, planetológicos, geofísicos, etc.), y bióticos (evolución, interacciones y diversidad biológicas, incluidos nosotros como ETD, etc.), así como sus interacciones y retroalimentaciones, los cuales, generan las condiciones en las cuales permanece y prolifera la vida en la tierra. La HaT puede dividirse en general, taxonómica y humana, y esta última en natural y artificial.

HaT General

Es la capacidad conjunta entre la vida y la tierra, que probablemente tuvo su origen hace aproximadamente 4000 millones de años (Tashiro et al., 2017), y desde entonces, ha enfrentando una diversidad de poderosos y devastadores eventos catastróficos naturales (Gran Bombardeo Tardío, asteroides y cometas, vulcanismo y cambios climáticos naturales) (Abramov & Mojzsis, 2009; Bostrom & Ćirković, 2011), todos ellos dentro del marco de la evolución cósmica (galáctica, estelar y planetaria). Desde su origen, ha sido un fenómeno continuo para la vida en general (Orgel, 1998; Wächtershäuser, 2006; y referencias en ellos), pero para cada especie que ha habitado, habita, y habitara este planeta, la habitabilidad está delimitada temporal y espacialmente.

HaT Taxonómica

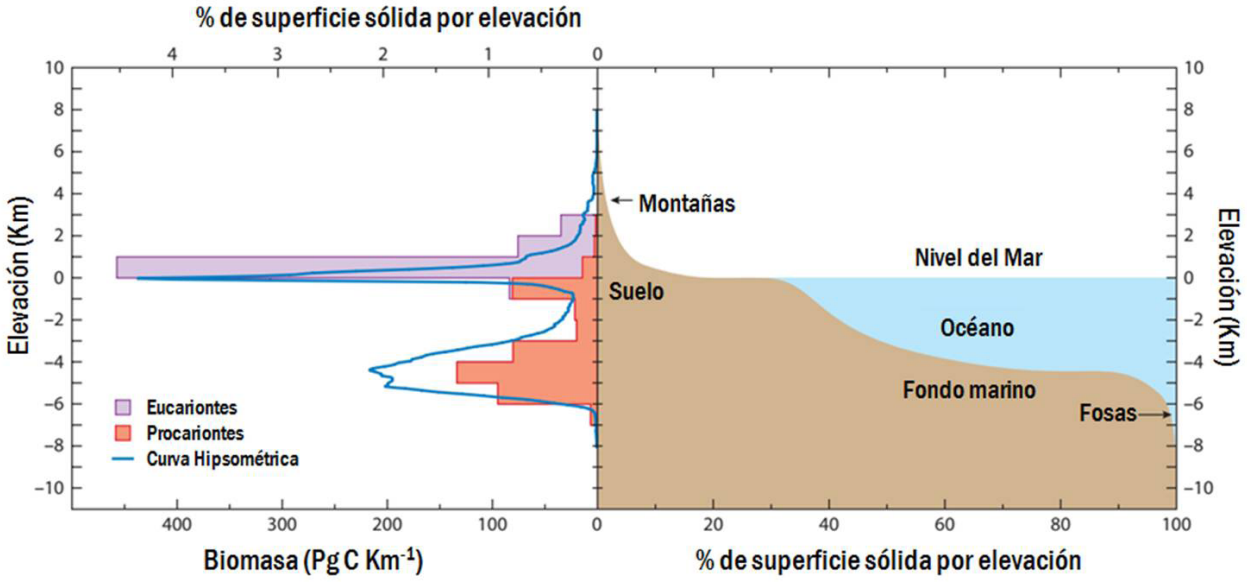
En cuanto a su delimitación espacial, hasta donde sabemos, vivimos prácticamente en la zona central de la capa planetaria donde prolifera la vida, la biosfera. Esta capa abarca teóricamente desde unos cuantos kilómetros de profundidad en la corteza continental y oceánica (Inagaki et al., 2015; Colman et al., 2017), hasta unos cuantos kilómetros de altura en la atmósfera, así como prácticamente toda la superficie y todos los cuerpos de agua (Ver Figura 1) (ver Smil, 2003; Lineweaver & Chopra, 2012). Cerca del 46% de toda la biomasa (*Mora et al., 2011)*, prolifera en la superficie planetaria o muy cerca de la misma. Otro factor que delimita espacialmente a la vida, es la diversidad biológica. Esta responde a diferentes factores, los cuales incluyen el tamaño corporal de la especie (Brown et al., 1993), el número disponible de nichos ecológicos (Morse et al., 1985), la fragmentación del hábitat (Ritchie & Olff, 1999), el área (Rosenzweig, 1995), y la productividad (Ricklefs & Schluter, 1993).

El comportamiento ecológico de las especies, es un factor que se relaciona con ambas delimitaciones. Algunas especies se han adaptado para ocupar un nicho ecológico muy concreto y lo explotan tan eficientemente que no tienen prácticamente competencia (especies especialistas); mientras que otras, ocupan un nicho ecológico

más amplio o pueden aprovechar varios nichos, y por ende, se ven más afectadas por la competencia, volviéndolas menos exitosas a nivel ecológico (generalistas). Nosotros los seres humanos, estamos considerados entre las especies generalistas. Ambos tipos de especies, son capaces de tolerar ciertos cambios en el ambiente físico y en el clima, pero ante los cambios abruptos o de amplia escala espacial, ambos tipos son susceptibles a la extinción (Brown & Pavlovic, 1992; Seamon & Adler, 1996).

Y finalmente, en cuanto a la delimitación temporal, sabemos que cada taxa, extinto o viviente, posee una longevidad media, que depende tanto de factores genéticos como ambientales. Las especies de mamíferos por ejemplo, se ha calculado que poseen una longevidad de entre 1 a 10 millones de años, con una media de 3 millones de años (Flynn et al., 1995; Prothero, 2014). Para nuestra especie, debido a lo poco diverso del género *Homo* y a la escases de información fósil, su longevidad media es tan incierta como su posición taxonómica **(Krings et al, 1997; White et al., 2003)**. Por las razones anteriores, tampoco sabemos con certeza la antigüedad de nuestra especie, pero se propone un intervalo de entre 150 a 250 mil años (Stringer, 1984). Mediante el principio copernicano (La Tierra no es el centro del Universo) expandido y reformulado como el principio de mediocridad (no existen observadores privilegiados para un fenómeno dado), por John Richard Gott en 1969, el mismo autor en (1993) estimó (con un 95% de confidencia) que a nuestra especie le quedan de 5,100 años a 7.8 millones de años, para dejar de existir.

Figura 1. Perfil vertical de biomasa en la delgada biosfera terrestre (± 10 km). La curva hipsográfica de la derecha, muestra la fracción de la superficie sólida de la Tierra por encima de una elevación dada. Por ejemplo, el 30% de la superficie sólida está sobre el nivel del mar, mientras que el 70% restante está debajo del nivel del mar. La curva hipsométrica de la izquierda (línea azul), muestra la fracción de la superficie sólida de la Tierra en cualquier elevación dada. El histograma de la izquierda muestra una estimación del perfil vertical de la biomasa terrestre (carbono total en formas de vida terrestre).



Fuente: Imagen modificada a partir de Lineweaver & Chopra (2012), y todas las referencias a los datos que se utilizaron, se encuentran en el artículo original).

De esta manera, la diversidad, el comportamiento y la longevidad de las especies, junto con la disponibilidad de alimentos y las enfermedades, determinan la parte biótica de la Habitabilidad Taxonómica, mientras que en la parte abiótica, podemos encontrar las fronteras geográficas naturales (montañas, cañones, océanos, ríos, desiertos, etc.), los eventos y cambios climáticos, y los eventos catastróficos naturales (asteroides y volcanes). En resumen, la HaT Taxonómica sería el fenómeno bio-planetario que permite la existencia y proliferación de un taxa determinado, en cierto lugar del planeta y en cierto periodo de tiempo. El ser humano está inmerso dentro de la HaT general y la taxonómica, al ser parte de la Vida de este planeta y una especie más, sin embargo, el desarrollo de nuestro neocortex, y por ende, el de nuestra civilización, nos ha colocado en una categoría de Habitabilidad particular.

HaT Humana

Los Humanos modernos, *Homo sapiens*, nos originamos en el África subsahariana y nuestra dispersión comenzó durante los últimos 125 mil años aproximadamente (Stringer, 2000). Nuestros antepasados eran habitantes de cuevas, que a través de generaciones lograron manejar el fuego, desarrollar herramientas y utilizar el lenguaje verbal; por miles de años c**azaron o recolectaron su** comida, lucharon contra las enfermedades, depredadores y el ambiente, lo cual los llevaba a moverse entre sitios apropiados para vivir, donde hubiese agua, comida y buen clima. En ese tiempo, la habitabilidad era la misma para todas las especies y los humanos antiguos, se mantenía en equilibrio con el ambiente, pero llegó un momento en que la escases de recursos, los llevó a desarrollar una serie de actividades y formas de pensamiento, respecto a su forma de adquirir y manejar los recursos. Esta escases probablemente se originó de un cambio gradual o abrupto en el ambiente, aunado al crecimiento poblacional (Foley & Gamble, 2009). Al intensificar sus estrategias de forrajeo, de cosecha de semillas, agricultura de cereales y domesticación animal, las poblaciones humanas pudieron existir en densidades mucho más altas. La creación de la agricultura junto con la domesticación de las especies, marcó el momento en que la humanidad comenzó su habitabilidad artificial, y en este proceso y aprendizaje, sin preverlo o buscarlo, nos convertimos en un conductor consumado de extinción general (Cafaro, 2015; Nazarevich, 2015), afectando los 3 tipos de HaT.

Comparados con el resto de las especies, los seres humanos hemos hecho de nuestra supervivencia, un evento cada vez más complejo y levemente menos dependiente, de manera directa, de la HaT. Ya no dependemos únicamente del ambiente y de nuestra plasticidad genética, nos hemos convertido en una especie cosmopolita capaz de utilizar materiales naturales o artificiales, para modificar nuestro entorno físico y social, al incrementar o disminuir los recursos que nos brinda de manera natural nuestro planeta (WWF, 2016), o al modificar el sistema climático del mismo (IPCC, 2014), o al modificar nuestras sociedades y civilización, de manera positiva o negativa (Ikle, 2006; Cairns, 2014). Dentro de la HaT humana natural, nuestra especie está sujeta, a los mismos procesos que mantienen y regulan el crecimiento de cualquier población, y a los mismos mecanismos de selección natural, que originan y extinguen especies (Raup, 1986; Benton, 1995), sin embargo, al ser una especie inteligente, o mejor dicho, una ETA, hemos manipulado la gama de procesos que tendrían que

haber controlado nuestro crecimiento demográfico. Se considera que en la década de los 90's, se creó más conocimiento científico que en toda la historia de la humanidad, y que el conocimiento humano se duplica cada 10 años (Kaku, 1999). Esta capacidad real (o en otros casos potencial aún), de escapar a las presiones de la selección natural, mediante los avances en la ciencia y la tecnología, ha llevado a algunos autores a proponernos como una especie con evolución post-darwiniana (Benner, 2010).

La habitabilidad humana, es cada vez más una propiedad artificial. Actualmente, mantener y desarrollar asentamientos humanos prácticamente ya no depende del ambiente, e incluso, ni de la abundancia local de recursos naturales vitales (agua -líquida potable-, zonas con vocación agrícola, etc.). Grandes y prosperas ciudades pueden desarrollarse más allá de las fronteras de supervivencia, en lugares que imponen un desafío permanente para mantener la vida humana (principalmente la urbana). Distintos tipos de asentamientos humanos pueden encontrarse en desiertos (e.g. Las Vegas, EEUU; El Cairo, Egipto; Lima, Perú; etc.), más allá del Círculo Polar Ártico (e.g. Tromso, Noruega; Murmansk, Rusia; Sisimut, Groenlandia; etc.), sobre el mar, en corredores de tornados, en zonas de huracanes, sísmicas, propensas a desbordamientos de ríos, cercanas a volcanes activos, fallas, e incluso en zonas radiactivas (Gober, 2010; Dybbroe et al., 2010). Actualmente, más de la mitad de la humanidad vive en ciudades (54%), y se espera que la población urbana continúe aumentando en las próximas décadas (69% en 2050) (ONU, 2015), esto sin lugar a dudas, llevará a la HaT humana artificial a otro nivel.

Queda claro que, a diferencia de todas las demás especies, con las que compartimos y formamos parte de la HaT general de este planeta, los seres humanos diseñamos y generamos, una habitabilidad particular, que depende de las necesidades (reales o fabricadas), de la búsqueda de confort, modas y capacidades científico-tecnológicas de la época. Mientras que la HaT humana natural, es prácticamente la misma que la taxonómica de los grandes mamíferos, aves y reptiles, que se encuentran en la punta de sus cadenas tróficas. La humana artificial se podría definir como todos los factores socioeconómicos, políticos, tecnológicos y hasta filosóficos, que nos permiten desarrollar una civilización global, así como mantenernos y proliferar en ella, aprovechando, modificando y generando, recursos, procesos, fuentes de energía, y lugares en el planeta, que de manera natural (sin avances sociales y tecnológicos), no podríamos. Incluso actualmente, gran parte de la población depende fuertemente de esta habitabilidad, pues no saben cazar, recolectar, hacer una fogata, curtir pieles, cultivar, sobrevivir al ambiente, etc. Estos factores han incrementado nuestra salud, tiempo de vida, confort y riqueza, pero nos han desconectado gradualmente de la naturaleza.

UNA HABITABILIDAD ÚNICA

Con lo mencionado hasta aquí podemos hacernos una idea general de lo que es la HaT, pero hay un punto clave que podría ayudarnos a comprender su importancia, y este es, su probable carácter de evento único en el Universo conocido, hasta el momento.

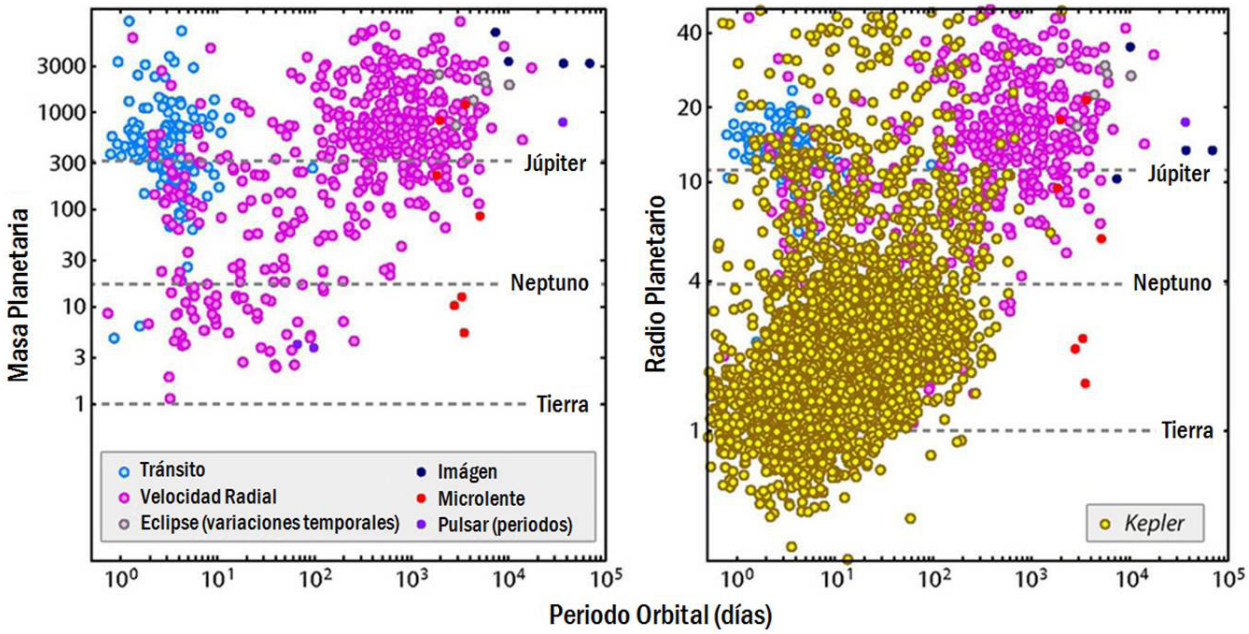
El estudio de los exoplanetas[7] nos ha permitido comprender que, a nivel de nuestra galaxia, nuestro planeta es apenas uno de probablemente miles, o quizás millones de planetas terrestres o rocosos existentes (Fressin et al., 2013; Yock, 2013). Sin embargo, entre todos los planetas y exoplanetas del Sistema Solar, rocosos o gaseosos, no se ha encontrado uno que comparta con otro o con la Tierra, la misma masa, período orbital o densidad (Batalha et al., 2013; Petigura et al., 2013), lo cual es lógico a la luz de la evolución cósmica (Horneck, 1995). Ahora bien, si a la enorme diversidad de condiciones planetarias, geográficas y ambientales anteriores, adicionamos la aleatoriedad de la evolución biológica (Pagel, 1999), se vuelve prácticamente imposible que existan dos cuerpos planetarios y con Vida, idénticos. De esta manera, cada planeta y luna son tan únicos como nuestras huellas dactilares (Ver Figura 2). Esto quiere decir, que nuestro planeta y la vida que conocemos son únicos, y que la posible vida que se originó o prospera en otro cuerpo planetario (xenovida), aunque en función de las leyes de la física y la química, puede compartir ciertas similitudes genéticas o biomoleculares con la terrestre, es igual de única y, al mismo tiempo relativamente diferente, a la que conocemos. La única forma en que la xenovida pueda ser casi idéntica a la vida terrestre, a nivel genético y biomolecular, es que haya sido sembrada en el Universo (Anisimov, 2010), por algún medio natural o artificial, según lo considerado por la Teoría de Panspermia (Joseph y Schild, 2010).

Debido a que nosotros evolucionamos con la vida que nos rodea, de la vida que nos precede y con la evolución de nuestro planeta y estrella, es imposible encontrar otro lugar en el universo que sea habitable de manera natural, para nuestra especie, es decir, un lugar que tenga cierto rango adecuado de oxígeno, de presión y temperatura atmosférica, de gravedad, agua líquida potable, etc. (ver Dole, 1964; McKay et al., 1991). Quizá en el universo existan lugares medianamente habitables, para nuestros más aguerridos extremófilos[8], pero para la demás vida que conocemos, y principalmente para los común y malamente llamados “organismos superiores”, no existen lugares habitables, sino potencialmente habitables, en los cuales se podría generar HaP natural, mediante ecosíntesis planetaria (ver Graham, 2004; McKay, 2009), un tipo de terraformación más lenta, que utiliza a la misma vida como modificadora de condiciones planetarias, o por medio de terraformación planetaria tecnológica (Fogg, 1998; Zubrin y Wagner, 1996), o HaP artificial, mediante domos y hábitats contenidos (Zubrin, 1996; Anker, 2005).

7 Planeta que orbita una estrella diferente al Sol y que, por lo tanto, no pertenece al sistema solar.

8 Microorganismos que viven y proliferan en los ambientes más extremos del planeta, tales como la oscuridad absoluta, concentraciones salinas altas, en el hielo polar, reactores nucleares, aguas termales, etc..

Figura 2. Gráfico que muestra la mayoría de los exoplanetas descubiertos y confirmados hasta la fecha, mediante distintas técnicas detección remota. Es posible observar de manera gráfica, la enorme diversidad de planetas con diferentes características planetológicas (masa, radio, periodo orbital), lo cual, sostiene la teoría de que cada planeta es tan distinto de otro como lo son nuestras huellas dactilares. En esta imagen, los puntos de datos están codificados por colores según la técnica de descubrimiento de planetas. Masa vs período orbital (izquierda), excluyendo los descubrimientos de Kepler. Radio vs. Periodo orbital (derecha).



Fuente: Modificado a partir de Batalha et al. (2013).

EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA HABITABILIDAD TERRESTRE

Aún no hemos llegado a un consenso sobre cuál fue la composición química de la atmósfera y el clima del planeta, en los tiempos en los que probablemente se originó la vida (ver Pavlov et al., 2000; Trail et al., 2011), pero aceptamos que el desarrollo de la misma, elevo las concentraciones de oxigenó en la atmósfera a lo largo de millones de años provocando diversos eventos intensos de glaciación, conocidos como "tierra bola de nieve" (Hoffman & Schrag, 2002; Kopp et al., 2005). Además de los grandes cambios provocados por la vida, nuestra atmósfera ha experimentado y continua haciéndolo, diversos cambios de menor escala, en su composición y en la energía que recibe, directa o indirectamente de parte del sol, debido a diversos eventos solares y astronómicos, o a movimientos de la tierra sobre su eje o alrededor del sol. Estos cambios han provocado cambios climáticos naturales, que han afectado los distintos tipos de HaT que mencioné más arriba. La habitabilidad general y la taxonómica, han sido las más afectadas, mientras que la humana no, debido a que es relativamente reciente y no ha sufrido ninguno de los grandes eventos de extinción observados en el registro fósil, entre ellos, los últimos 5 (Ver Tabla 1), que son los más estudiados y los más importantes en el estudio de la habitabilidad y el clima (Raup & Sepkoski, 1982).

Tabla 1. Qué muestra la fecha aproximada e intensidad sobre la biosfera, de las 5 grandes extinciones del registro fósil reciente. Los eventos se acomodan del más antiguo (arriba), hasta el más reciente.

Evento de extinción	Fecha de ocurrencia aproximada (millones de años)	Intensidad sobre la biosfera (% de especies perdidas)	Tipo de evento de extinción
Final del Ordovícico	444	86%	CC por sumidero de CO_2 en placas tectónicas (glaciación)
Devónico tardío	359 a 375	75%	CC, asteroides y vida terrestre desarrollada. Cambios en composición y propiedades marinas
Fin Pérmico	251	96%	CC por metano y vulcanismo (calentamiento)
Triásico final	210 a 200	80%	CC por CO2, asteroides y vulcanismo (calentamiento)
Cretácico final	66 a 64	76%	CC, vulcanismo y asteroide

Fuente: Elaboración propia a partir de Raup & Sepkoski, 1982

En todos estos eventos de extinción masiva, ha estado presente un CC natural, que se ha exacerbado por eventos volcánicos, de oxidación de la corteza, acidificación del océano y el impacto de asteroides (Joachimski et al., 2012; Romano et al., 2013). El estudio de la habitabilidad en estos eventos no existe, sólo podemos analizar el impacto sobre la misma, a través de la reducción en la diversidad biológica (Jablonski, 2005). Los CC naturales, que son parte de periodos glaciales e interglaciales, no tienen un impacto tan pronunciado sobre la HaT general, como aquellos exacerbados por otro evento alterno, pues al ser más graduales, permiten la migración o adaptación de las especies, aunque si tienen impacto sobre la HaT taxonómica, pues conllevan a ciertas extinciones.

EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO EN LA HABITABILIDAD TERRESTRE

Desde el inicio de la HaT humana artificial, los seres Humanos hemos afectado gradualmente la HaT taxonómica, al contribuir en menor o mayor medida, a la extinción de diversas especies (Lorenzen et al., 2011), hasta que hemos alcanzado un nivel tal de afectación, que se nos puede considerar actualmente, como el nuevo mecanismo de extinción masiva, el de la sexta y más reciente (Ceballos et al., 2015). Es ya un hecho, que el 75% de todas las especies de plantas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, que se extinguieron desde el año 1500, sufrieron daños causados por la sobreexplotación o la agricultura, o por ambas (Maxwell et al., 2016).

Desde 1800, la población mundial se ha septuplicado, sobrepasando ya los 7600 millones y la economía mundial es 30 veces mayor, no obstante, en los últimos 50 años, el desarrollo económico ha impulsado un aumento exponencial de la demanda de energía, tierras y agua (Steffen, Broadgate, Deutsch, Gaffney, & Ludwig, 2015); las

emisiones de gases de efecto invernadero (GEI's), han aumentado a tasas alarmantes, y a principios de 2018, los niveles de CO_2 de la atmósfera, alcanzaron el nivel más alto en los últimos 800,000 años, un promedio de 410 partes por millón (ppm) (Kahn, 2018); la temperatura media global se ha incrementado 170 veces más rápido que el ritmo natural, llegando ya a un incremento de 0.88ºC por encima del promedio de los registros mundiales (desde 1880) (NOAA, 2019), y la acidificación de los océanos puede estar ocurriendo a una tasa no vista en al menos 300 millones de años (Hönisch et al., 2012). Solo una cuarta parte de la superficie de la Tierra, está sustancialmente libre del impacto de las actividades antrópicas, sin embargo, las proyecciones indican que para 2050 sólo quedará una décima parte intacta.

La pérdida de hábitats; la sobreexplotación y uso no sostenible de los recursos naturales; la contaminación de aire, tierra y agua; el incremento en la cantidad e impacto de especies exóticas invasoras; y la emisión de GEI's por la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso de suelo, han sido las principales causas de la DA y el CC provocado por el hombre o antropogénico (CCa), y por ende, del cambio fundamental en la HaT, al alterar la estabilidad y productividad de los ecosistemas, y al modificar la composición química de la atmósfera y calentarla (MEA, 2005; IPCC, 2013; Cervantes-Núñez et al., 2015). Generalmente las causas inmediatas de la DA son locales, pero las fuerzas subyacentes que la impulsan muchas veces son regionales o globales, donde el CCa es una de ellas, con el potencial de volverse la principal. Para gran parte de la población mundial, los efectos de la DA son evidentes, pero esto no sucede con los del CCa, debido a la escala espacial y temporal de estos últimos. Ahora bien, los efectos sobre la HaT, son prácticamente invisibles, pues para visualizarlos hay que considerar los efectos, así como las interacciones y retroalimentaciones, entre la DA y el CCa. Como se ha demostrado en varias encuestas, una gran parte de la humanidad considera al desarrollo económico, como la máxima prioridad para el desarrollo de la sociedad humana, mientras que ignoran o conscientemente evitan considerar, el papel fundamental que juega la protección y la gestión responsable del sistema maestro de soporte vital de la biosfera también conocido como HaT, sobre nuestra supervivencia como especie (Cairns, 2014; Global Challenges Foundation, 2014).

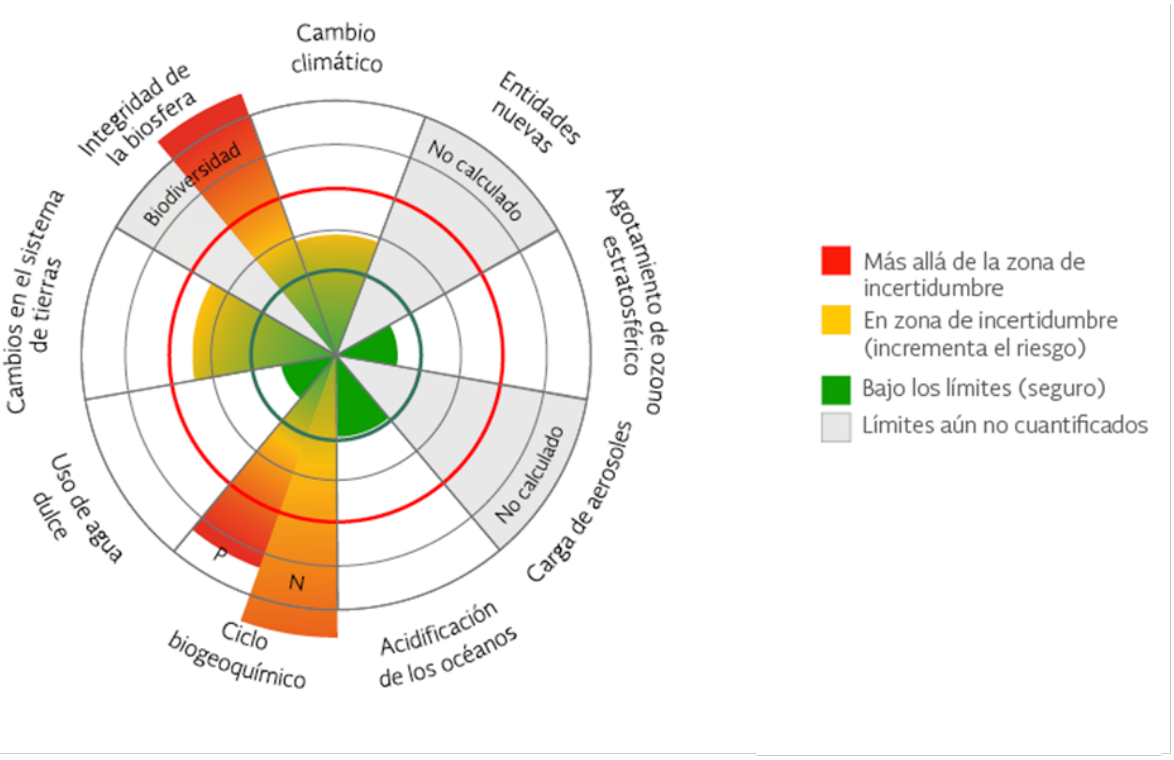
Más como una opción para analizar, visualizar y alertar, sobre los avances negativos que hemos alcanzado en la DA y en el CCa, que para estudiar y visualizar las afectaciones a la HaT, Rockström et al., (2009), identificaron nueve procesos que podrían regular la estabilidad y la resiliencia[9] del sistema terrestre (Ver Figura 3). Los autores propusieron que estos límites planetarios cuantitativos, son aquellos dentro de los cuales la humanidad puede continuar desarrollándose y prosperando para las generaciones venideras, ya que al cruzarlos, se aumenta el riesgo de generar cambios ambientales abruptos o irreversibles a gran escala. Obviamente no son todos los procesos o factores de los cuales depende la HaT general, pero si los más importantes para la HaT taxonómica, y principalmente para la humana natural. Siete de estos límites, evalúan la DA (integridad de la biosfera, cambio de uso de suelo, ciclos biogeoquímicos, ozono estratosférico, acidificación de los océanos, utilización del

9 Es la capacidad de las comunidades y ecosistemas, de absorber perturbaciones sin alterar significativamente su estructura y funcionalidad, pudiendo regresar a su estado original, una vez que la perturbación ha terminado.

agua dulce y carga de aerosol atmosférico). El CCa, puede ser considerado un límite al intentar evaluar su avance, pero este fenómeno se puede, relacionar negativamente con y retroalimentar positivamente de, todos los demás límites.

Según datos del Índice Global Planeta Vivo: 1970 a 2014, en tan solo 44 años, ha disminuido un 60% el tamaño de las poblaciones de vertebrados (WWF, 2018). Por el momento el CCa no es el principal motor de esta disminución, pero si juega un papel importante al modificar las condiciones ambientales particulares de supervivencia y reproducción de diversas especies. Los efectos del CCa sobre la biodiversidad, pueden observarse a distintos niveles, que incluyen respuestas de los organismos a nivel corporal (morfofisiológico), en las interacciones entre especies (interespecíficas), en la amplitud de su distribución geográfica y en la de los propios ecosistemas. Algunas especies de árboles, de plantas alpinas y especies de importancia agrícola, como la caña de azúcar, se han beneficiado de nuestra emisión de GEI's, debido a que han sido capaces de absorber e integrar a sus tejidos una mayor cantidad de CO_2, lo que las ha hecho crecer más rápido (Dawes et al., 2011).

Figura 3. Gráfico que muestra los nueve límites planetarios propuestos, así como su estado en el 2015 y los rangos de incertidumbre o umbrales, sobre los cuales se atenta contra la integridad de sistema terrestre. El límite "integridad de la biosfera" se divide en, pérdida de biodiversidad y extinción de especies, siendo este último proceso, el que se muestra excediendo la zona de incertidumbre.



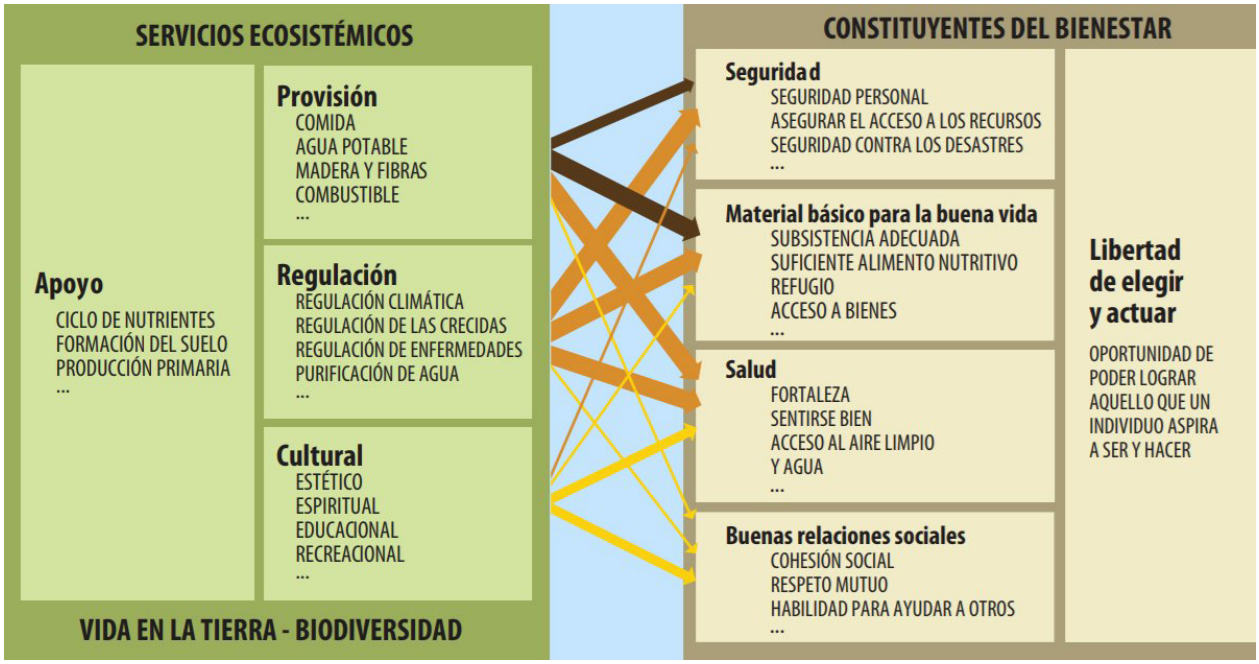
Fuente: Modificado a partir de Steffen, Richardson, Rockström, Cornell, Fetzer, Bennett, & Folke, 2015.

En cambio, diversas especies de anfibios han visto afectada su reproducción, debido a eventos de disminución en la humedad ambiental, durante largos periodos, que ya han sucedido en algunas regiones tropicales. Es probable que el CCa, haya participado en la extinción de al menos, 74 especies de ranas de los bosques de niebla del mundo (Oyamaguchi et al., 2018). En otro ejemplo, algunos organismos marinos, como los corales y los moluscos, han sido afectados en su crecimiento, por la acidificación de los océanos, fenómeno que se produce cuando el CO_2 atmosférico se disuelve en el agua marina (Brace, 2018; Fitzer et al., 2018). Aun cuando esta acidificación no parece significativa a la fecha, puede afectar a los corales, cuando se combina con otros factores de disturbio, cómo el aumento de la temperatura de los océanos, que produce el llamado "blanqueamiento del coral" (Donner et al., 2018).

El CCa puede ya haber afectado también, a especies grandes de mamíferos, aves y reptiles, incluso algunas icónicas como es el caso de los osos polares, los pingüinos, las tortugas, el oso panda, etc., al ocasionar migraciones o disminución sobre la productividad, en las poblaciones de especies de las cuales se alimentan (Cimino et al., 2016; Zhang et al., 2018). También, puede tener un impacto sobre la floración de las plantas; las migraciones de las aves; las distribuciones geográficas de diversas especies; y sobre los relojes biológicos de ciertas especies, que sincronizan su reproducción con ciertas condiciones climáticas o con los momentos importantes de los ciclos de vida de sus presas; incluso, llega a provocar el reemplazo de ecosistemas enteros por otros diferentes (Miller-Struttmann et al., 2015; Schmaljohann & Both, 2017).

Es crucial comprender, que la naturaleza suministra gran cantidad de servicios, los cuales, se convierten en los pilares principales de la sociedad moderna. Estos servicios se conocen como servicios ecosistémicos y engloban todos los beneficios que la naturaleza aporta de manera gratuita a la humanidad (ver Figura 4) (Fisher et al., 2009; Cervantes-Núñez et al., 2015). El CCa, afecta la generación de estos servicios y por tanto, la HaT humana natural que estos servicios nos proporcionan.

Figura 4. Gráfico que muestra los servicios ecosistémicos y su relación con el bienestar humano. El grosor de las flechas indica cualitativamente la intensidad de la relación.



Fuente: Adaptado de MEA, 2005

Evidentemente existen impactos sobre la naturaleza, que conllevan afectaciones más directas sobre nuestra HaT, como por ejemplo las impactos sobre las poblaciones de especies polinizadoras, y la degradación del suelo, ambos fundamentales para nuestra producción de alimentos y otros servicios ecosistémicos (Shrestha et al., 2018). Más del 75% de los cultivos alimenticios más importantes del mundo se benefician de la polinización. Las abejas en particular, enfrentan una combinación de problemas ecológicos, entre los que se encuentran, la pérdida de hábitat, las deficiencias nutricionales y la falta de una dieta variada, los cuales, están directamente relacionados con el CCa, ya que el clima anormal está desfasando la floración, y afectando el crecimiento de plantas y flores (Kerr et al., 2015).

La degradación del suelo incluye, pérdida de suelo o de salud edáfica en tierras cultivadas; pérdida de hábitats y de funciones hidrológicas en áreas urbanas; deforestación o tala excesiva de bosques; pastoreo excesivo e invasión de arbustos en pastizales y drenaje y eutrofización de humedales. El suelo es un elemento importante del sistema climático, pues es el segundo almacén de carbono más grande, después de los océanos. Dependiendo de la región, el CCa puede hacer que se almacene más carbono en las plantas y el suelo, debido al crecimiento de la vegetación, o que se libere más carbono en la atmósfera (Lal, 2015; Powlson et al., 2016).

Tanto el suelo como los polinizadores, al ser afectados por el CCa, podrían contribuir a disminuir la seguridad alimentaria de una población humana en constante crecimiento. La agricultura produce los alimentos que comemos y es la principal fuente de sustento para el 36% de la fuerza laboral total del mundo, pero

los fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes y más intensos (sequías, olas de calor y frío, fuertes tormentas, inundaciones), el aumento del nivel del mar y las crecientes irregularidades en los patrones de lluvias estacionales (incluidas las inundaciones) ya están teniendo impactos inmediatos no solo en la producción, sino también sobre la infraestructura de distribución de alimentos, la incidencia de emergencias alimentarias, los medios de subsistencia y la salud humana tanto en áreas rurales como urbanas (Campbell et al., 2016; Nelson et al., 2016).

RESILIENCIA DE LA HABITABILIDAD TERRESTRE Y HUMANA

Como se ha visto hasta este punto, el CCa está ocasionando problemáticas ecológicas, sociales, económicas y políticas, que están deteriorando la HaT, pero el verdadero problema somos nosotros, y por ende somos también la solución. La principal fuerza contra la HaT es, la creciente demanda de productos derivados de los ecosistemas, que supera a la capacidad cada vez menor de los ecosistemas de suplir estos productos. El consumo humano desenfrenado, es el motor principal detrás de los cambios planetarios sin precedentes que estamos presenciando, por tanto, debemos encontrar la manera de controlar y encausar esta fuerza. Todo parece indicar que, al conducir inadvertidamente a la HaT a un estado mucho menos hospitalario, se verán perjudicados los esfuerzos para reducir la pobreza, y se conducirá a un deterioro del bienestar humano y de nuestra convivencia, en muchas partes del mundo. En un mundo marcado por fenómenos meteorológicos extremos, grandes sequias, interrupciones en el suministro de alimentos, el aumento del nivel del mar, el colapso de los ecosistemas globales, la escases de agua y la inseguridad alimentaria, las guerras, los ataques terroristas, la incertidumbre económica y la inestabilidad política incrementarán nuestra vulnerabilidad ante la misma PCA y ante Riesgos Catastróficos o Existenciales, de origen humano o natural (Zhang et al., 2007).

Evidentemente, ante todo esto la HaT General continuara, pues no tenemos el poder de terminar con toda la Vida terrestre, pero estando en conflicto, con una economía deteriorada, no podremos enfrentarnos al inminente choque de un asteroide contra la Tierra, o el surgimiento de una pandemia, o al poder de una Inteligencia Artificial peligrosa. Por el momento, los mayores riesgos existenciales son antropogénicos y están relacionados con el clima y posibles tecnologías futuras, así que quizá la forma más rentable de reducir los riesgos existenciales hoy en día, es financiar el análisis de una amplia gama de riesgos existenciales y posibles estrategias de mitigación, con una perspectiva a largo plazo (Bostrom, 2013).

Conforme se intensifique el CCa, el valor de la naturaleza aumentara, pues evidentemente ésta desempeñará un papel esencial para ayudar a las sociedades humanas, para hacer frente a las consecuencias inevitables del aumento de la temperatura a escala mundial (Daily et al., 2000). Existe un valor potencial futuro, pero incalculable por el momento, el de los beneficios que podríamos obtener de más descubrimientos relacionados con la diversidad natural (nuevos materiales, medicinas, diseños tecnológicos y genéticos, etc.), pero este solo será alcanzable, en la medida en que los ecosistemas puedan seguir sosteniendo el amplio rango de especies que comparten el planeta con nosotros. Esto incluye los millones de especies que aún no

han sido descritas y, muchos menos, estudiadas (ver Mora et al., 2011).

En un intento por medir el valor económico y concientizar a la población mundial, sobre lo caro que sería para los seres humanos, pagar la generación artificial de los servicios ecosistémicos, la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por su nombre en inglés), los valoró, para la región de América, en más de US$24 000 millones anuales (Rise et al., 2018), y en al menos, US$125 mil millones al año, para todo el mundo (Costanza et al., 2014).

Por el momento no podemos saber, cuánto tiempo nos queda, pero sí podemos decidir cuál es el camino a seguir. Durante mucho tiempo hemos pensado que la naturaleza es un regalo y hay que borrar esta actitud. Lo que necesitamos ahora es la voluntad para actuar, y actuar de inmediato.

Actualmente contamos con una gama de organismo e instrumentos internacionales, tales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), la Convención sobre los Humedales (Convención de Ramsar), la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (DNUDPI), el Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (FNUB), la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), mediante los cuales estamos evaluando y presentando al mundo, nuestros impactos sobre la HaT; nuestras vulnerabilidades y nuevas amenazas ante la PCA; así como diseñando y acordando opciones, para proteger y restaurar, la estabilidad de los procesos biosféricos y climáticos, cuyas interacciones y retroalimentaciones no son totalmente conocidas, pero comprendemos que definen y definirán, nuestra habitabilidad. Debemos aprovechar al máximo y fortalecer aún más, estos organismos e instrumentos.

La Unión Europea, propone como instrumentos para combatir los efectos del CCa sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, medidas que favorezcan la integridad de los ecosistemas y su resiliencia, así como que fomenten la conservación, promuevan la conectividad y la permeabilidad de los espacios naturales, especialmente los protegidos. En marzo del 2018, la IPBES demostró que la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, no se pueden lograr a menos que se aborden simultáneamente con la degradación del suelo (Scholes et al., 2018). La restauración de tierras deterioradas es efectiva a pesar del alto precio inicial, si se tienen en cuenta los costos y beneficios a largo plazo para la sociedad.

Muchas de las acciones requeridas están a nivel político, tanto local, nacional e internacional. Incrementar la diversidad de hábitats dentro de un paisaje y la inclusión de hábitats no agrícolas en los planes de gestión del suelo han demostrado que pueden mitigar la pérdida de polinizadores, disparar su cantidad y mejorar los servicios ecosistémicos (Senapathi et al., 2015). Diversas iniciativas nacionales e internacionales que se enfocan en la protección de polinizadores han incorporado iniciativas a escala del paisaje para mejorar la heterogeneidad y conectividad de los hábitats (Senapathi et al., 2017). A medida que la población mundial siga creciendo, las sociedades deberán adaptarse a los impactos inevitables del CCa, y una opción será, por ejemplo, el ajustar el tipo de cultivos que producen. Es posible encontrar ejemplos de restauración exitosa en todos los ecosistemas, pero se requieren acciones

coordinadas urgentemente, para detener y revertir el deterioro generalizado de la HaT Taxonómica.

Necesitamos modelos nuevos de ciudades sustentables, con una población más natural y educada (Bibri & Krogstie, 2017), y detener la expansión y migración hacia las mismas, pues cuanto más grande es una ciudad también hay más pobreza, desigualdad y analfabetismo, y cuanto más habitantes contiene, menos ecológica y sustentable es, más problemáticas sociales y ecológicas tiene, más desechos genera y más recursos consume (Martínez-Alier, 2003). Aunado a lo anterior, debido a nuestra gran desconexión urbana con la naturaleza, la gran mayoría de los habitantes de las ciudades dependemos casi en su totalidad de los sistemas y subsistemas urbanos (luz, agua, gas, centros comerciales, etc.), que nos brindan los satisfactores básicos para nuestra supervivencia; si por alguna razón, natural o humana, se suspendieran dichos subsistemas, gran parte de la población citadina entraría en caos y podría exterminarse.

La HaT es nuestra única opción de supervivencia por el momento y mientras no nos demos cuenta que nuestro planeta es finito, no podremos comprender lo urgente que es el detener nuestro crecimiento poblacional y alcanzar, lo antes posible, un desarrollo humano verdaderamente sustentable y sostenible (Mendelsohn et al., 2016) en todas las regiones del mundo. Si no detenemos nuestro crecimiento poblacional desbocado, tendremos que generar las condiciones de habitabilidad de nuestro planeta, en otro cuerpo planetario (Zubrin y Wagner, 1996), o en el espacio (p. e. Cilindros de O'Neil) (O'Neill, 1974), para ofrecerle a nuestra especie un segundo hogar que nos permita transportar parte de la población mundial y disminuir la presión socio-ecológica, o sobrevivir como especie, ante alguno de los eventos catastróficos antes mencionados, que no podamos controlar o evitar, y pongan a una parte o toda la humanidad, en peligro inminente de extinción. Con esta estrategia, no sólo se podría ganar tiempo, sino conocimientos, conciencia y experiencia planetaria, para evolucionar biológica, mental, social, económica, cultural y hasta emocionalmente, para así poder desarrollar una civilización, que sea capaz de proteger mejor o de trascender, a su HaT Natural, en el tiempo, y a nuestra infancia como ETA.

CONCLUSIONES

Es común escuchar en la población en general, que los seres humanos estamos destruyendo el planeta, y no es así, no tenemos ese poder afortunadamente, pero si estamos afectando la Habitabilidad que este planeta nos ofrece, al desestabilizar la Biosfera, mediante el CCa y la DA, ambos agentes causantes de la PCA global.

En realidad, detrás de la PCA, como principal factor, se encuentra nuestro consumo desenfrenado. En la medida en la que logremos alcanzar el desarrollo y el crecimiento sustentable, muy probablemente dejaremos de funcionar como el motor de la 6ta extinción masiva del registro fósil reciente. Por el momento, la HaT es única en el universo conocido y no existen más planetas habitables de manera natural, para nosotros, así que debemos protegerla al máximo y aprender a restaurarla.

EL CCa no es por el momento el principal motor de la pérdida de biodiversidad,

de la degradación del suelo, de la afectación a los ciclos reproductivos de diversas especies, de cambios en las interacciones interespecíficas o sobre la amplitud de sus distribuciones geográfica, etc., pero conforme se incrementa, sus efectos será cada vez más fuertes y tendrán una mayor relevancia sobre la HaT.

Es posible proteger la HaT humana natural, pero es necesaria la voluntad para actuar y actuar de inmediato. En los próximos años, se revisará el progreso en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el Acuerdo de París y en el Convenio sobre Diversidad Biológica, por lo que es el momento en el que el mundo debe acoger un nuevo acuerdo mundial entre HaT y las personas, como lo hicimos en París para el clima, y decidir realmente, cuál es el camino que escogeremos para la humanidad y la HaT única que tenemos, por ende, la más importante. También, es el momento en que todos debemos comprender el fenómeno que llamamos habitabilidad y por ende, discutir, diseñar e implementar, estrategias nacionales e internacionales (Foros, Convenios, Páneles, etc.), para protegerla.

FUENTES DE CONSULTA

Abramov, O., & Mojzsis, S. J. (2009) Microbial habitability of the Hadean Earth during the late heavy bombardment. *Nature*, *459*(7245), 419.

Anisimov, V. (2010) Principles of Genetic Evolution and the ExtraTerrestrial Origins of life. *Journal of Cosmology, 5*, 843-850.

Anker, P. (2005). The ecological colonization of space. *Environmental History*, *10*(2), 239-268.

Baliunas, S. Á., Donahue, R. A., Soon, W. H., Horne, J. H., Frazer, J., Woodard-Eklund, L., & Bennett, W. (1995) Chromospheric variations in main-sequence stars. *The Astrophysical Journal*, *438*, 269-287.

Batalha, N. M., Rowe, J. F., Bryson, S. T., Barclay, T., Burke, C. J., Caldwell, D. A., & Dupree, A. K. (2013) Planetary candidates observed by Kepler. III. Analysis of the first 16 months of data. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, *204*(2), 24.

Benner, S. A. (2010) Defining life. *Astrobiology*, *10*(10), 1021-1030.

Benton, M. J. (1995). Diversification and extinction in the history of life. *Science*, *268*(5207), 52-58.

Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017) Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, *31*, 183-212.

Bostrom, N. (2013) Existential risk prevention as global priority. *Global Policy*, *4*(1), 15-31.

Bostrom, N., & Cirkovic, M. M. (Eds.). (2011) *Global catastrophic risks*. Oxford University Press.

Brace, C. F. (2018) Climate Change Below the Surface: The Impact of Ocean Acidification on Reef Corals. *Reinvention: An International Journal of Undergraduate Research*, *11*(2).

Bradbury, R. J., Cirkoivc, M. M., & Dvorsky, G. (2011) Dysonian approach to SETI: a fruitful middle ground? *Journal of the British Interplanetary Society*, *64*(5), 156.

Brown, J. H., Marquet, P. A., & Taper, M. L. (1993) Evolution of body size: consequences of an energetic definition of fitness. *The American Naturalist*, *142*(4), 573-584.

Brown, J. S., & Pavlovic, N. B. (1992) Evolution in heterogeneous environments: effects of migration on habitat specialization. *Evolutionary Ecology*, *6*(5), 360-382.

Cafaro, P. (2015) Three ways to think about the sixth mass extinction. *Biological Conservation*, *192*, 387-393.

Cairns, J. (2014) Threats to the biosphere: eight interactive global crises. *Journal of Cosmology*, *8*, 1906-1915.

Campbell, B. M., Vermeulen, S. J., Aggarwal, P. K., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Loboguerrero, A. M., & Wollenberg, E. (2016) Reducing risks to food security from climate change. *Global Food Security*, *11*, 34-43.

Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015) Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, *1*(5), e1400253.

Cervantes-Núñez, S., Challenger, A., Hernández, C., Gay y García, C., Ordóñez, M. J., Ordóñez J. A. B., Gual, M., Rodríguez, M. T. (2015) Ecosistemas de México. En: Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo II. Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. [Gay y García, C., A. Cos, y C. T. Peña (eds.)] PINCC / UNAM. México D.F. (pp 121 - 146).

Chaisson, E. J., & Chaisson, E. (2002) *Cosmic evolution*. Harvard University Press.

Cimino, M. A., Lynch, H. J., Saba, V. S., & Oliver, M. J. (2016) Projected asymmetric response of Adélie penguins to Antarctic climate change. *Scientific reports*, *6*, 28785.

Cockell, C. S., Bush, T., Bryce, C., Direito, S., Fox-Powell, M., Harrison, J. P., & Noack, L. (2016) Habitability: a review. *Astrobiology*, *16*(1), 89-117.

Cohen, J. E. (1995) Population growth and earth's human carrying capacity. *Science*, *269*(5222), 341-346.

Colman, DR, Poudel, S., Stamps, BW, Boyd, ES y Spear, JR (2017) La biosfera profunda y caliente: Veinticinco años de retrospección. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, *114*(27), 6895-6903.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., & Turner, R. K. (2014) Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change*, *26*, 152-158.

Cyranoski, D. (2011) China forges ahead in space. *Nature News*, *479*(7373), 276.

Daily, G. C., Söderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R., & Levin, S. (2000) The value of nature and the nature of value. *Science*, *289*(5478), 395-396.

Dawes, M. A., Hättenschwiler, S., Bebi, P., Hagedorn, F., Handa, I. T., Körner, C., & Rixen, C. (2011) Species-specific tree growth responses to 9 years of CO2 enrichment at the alpine treeline. *Journal of Ecology*, *99*(2), 383-394.

Des Marais, D. J., Nuth III, J. A., Allamandola, L. J., Boss, A. P., Farmer, J. D., Hoehler, T. M., & Spormann, A. M. (2008) The NASA astrobiology roadmap. *Astrobiology*, *8*(4), 715-730.

Dole, S. H. (1964) Habitable Planets for Man, Blaisdell Publ. *Co., New York*.

Donner, S. D., Heron, S. F., & Skirving, W. J. (2018) Future Scenarios: A Review of Modelling Efforts to Predict the Future of Coral Reefs in an Era of Climate Change. In *Coral Bleaching* (pp. 325-341). Springer, Cham.

Dybbroe, S., Dahl, J., y Müller-Wille, L. (2010) Dinámica de la urbanización ártica. *Acta Borealia*, *27* (2), 120-124

Ehrlich, P. R., & Ehrlich, A. H. (1990) The population explosion. Simon and Schuster (Eds), NewYork, pp. 320.

Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009) Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*, *68*(3), 643-653.

Fitzer, S. C., Torres Gabarda, S., Daly, L., Hughes, B., Dove, M., O'Connor, W., & Byrne, M. (2018) Coastal acidification impacts on shell mineral structure of bivalve mollusks. *Ecology and evolution*, *8*(17), 8973-8984.

Flynn, L. J., Barry, J. C., Morgan, M. E., Pilbeam, D., Jacobs, L. L., & Lindsay, E. H. (1995) Neogene Siwalik mammalian lineages: species longevities, rates of change, and modes of speciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *115*(1-4), 249-264.

Fogg, M. J. (1998) Terraforming Mars: A review of current research. *Advances in Space Research*, *22*(3), 415-420.

Foley, R., & Gamble, C. (2009) The ecology of social transitions in human evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1533), 3267-3279.

Fressin, F., Torres, G., Charbonneau, D., Bryson, S. T., Christiansen, J., Dressing, C. D., & Batalha, N. M. (2013) The false positive rate of Kepler and the occurrence

of planets. *The Astrophysical Journal*, *766*(2), 81.

Fridlund, M., Eiroa, C., Henning, T., Herbst, T., Lammer, H., Léger, A., & Röttgering, H. (2010) The search for worlds like our own. *Astrobiology*, *10*(1), 5-17.

Global Challenges Foundation. (2014) *Risk Survey: The Pulse of International Sentiment.* Norrsken House, Stockholm, Sweden. http://globalchallenges.org/globalsurvey

Gober, P. (2010) Desert urbanization and the challenges of water sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *2*(3), 144-150.

Gott III, J. R. (1993) Implications of the Copernican principle for our future prospects. *Nature*, *363*, 315-319.

Graham, J. M. (2004) La terraformación biológica de Marte: la ecosíntesis planetaria como sucesión ecológica a escala global. *Astrobiología*, *4*(2), 168-195.

Hoffman, P. F., & Schrag, D. P. (2002) The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra nova*, *14*(3), 129-155.

Hönisch, B., Ridgwell, A., Schmidt, D. N., Thomas, E., Gibbs, S. J., Sluijs, A., & Kiessling, W. (2012) The geological record of ocean acidification. S*cience*, *335*(6072), 1058-1063.

Horneck, G. (1995) Exobiology, the study of the origin, evolution and distribution of life within the context of cosmic evolution: a review. *Planetary and Space Science*, *43*(1-2), 189-217.

Horneck, G., & Baumstark-Khan, C. (Eds.). (2012) *Astrobiology: the quest for the conditions of life*. Springer Science & Business Media.

Iklé, F. C. (2006) *Annihilation from within: The ultimate threat to nations*. Columbia University Press.

Inagaki, F., Hinrichs, K. U., Kubo, Y., Bowles, M. W., Heuer, V. B., Hong, W. L., & Kaneko, M. (2015) Exploring deep microbial life in coal-bearing sediment down to~ 2.5 km below the ocean floor. *Science*, *349*(6246), 420-424.

IPCC. (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC. (2014) *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer,

C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC. (2018) Special Report Global Warming of 1.5 ºC. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/sr15/

Jablonski, D. (2005) Mass extinctions and macroevolution. *Paleobiology*, *31*(S2), 192-210.

Javaux, E. J., & Dehant, V. (2010) Habitability: from stars to cells. *The Astronomy and Astrophysics Review*, *18*(3), 383-416.

Joachimski, M. M., Lai, X., Shen, S., Jiang, H., Luo, G., Chen, B., & Sun, Y. (2012) Climate warming in the latest Permian and the Permian–Triassic mass extinction. *Geology*, *40*(3), 195-198.

Joseph, R., & Schild, R. (2010) Biological cosmology and the origins of life in the universe. *Journal of Cosmology*, *5*(2), 1040-1090.

Joy, B. (2007) Why the future doesn't need us. *Nanoethics. The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*, 17-30.

Kahn, B. (2017) We Just Breached the 410 PPM Threshold for CO2. Carbon dioxide has not reached this height in millions of years. *Scientific American, 316*(4).

Kaku, M. (1999) Visions: how science will revolutionize the 21st century. Oxford University Press

Kennedy, K. J., & Capps, S. D. (2000) Designing space habitation. In *Space 2000* (pp. 49-71).

Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., & Wagner, D. L. (2015) Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, *349*(6244), 177-180.

Kopp, R. E., Kirschvink, J. L., Hilburn, I. A., & Nash, C. Z. (2005) The Paleoproterozoic snowball Earth: a climate disaster triggered by the evolution of oxygenic photosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *102*(32), 11131-11136.

Krings, M., Stone, A., Schmitz, R. W., Krainitzki, H., Stoneking, M., & Pääbo, S. (1997) Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans. *cell*, *90*(1), 19-30.

Lal, R. (2015) Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, *7*(5), 5875-5895.

Lammer, H., Bredehöft, J. H., Coustenis, A., Khodachenko, M. L., Kaltenegger, L., Grasset, O., & Wahlund, J. E. (2009) What makes a planet habitable? *The Astronomy and Astrophysics Review*, *17*(2), 181-249.

Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L., & Geschke, A. (2012)

International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature*, *486*(7401), 109.

Lineweaver, C. H., & Chopra, A. (2012) The habitability of our Earth and other Earths: astrophysical, geochemical, geophysical, and biological limits on planet habitability. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, *40*, 597-623.

López-García, P. (2007) *Habitability: the point of view of a biologist*. In Lectures in Astrobiology (pp. 221-237). Springer Berlin Heidelberg.

Lorenzen, E. D., Nogués-Bravo, D., Orlando, L., Weinstock, J., Binladen, J., Marske, K. A., & Ho, S. Y. (2011) Species-specific responses of Late Quaternary megafauna to climate and humans. *Nature*, *479*(7373), 359.

Lovelock, J. E., & Margulis, L. (1974) Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. *Tellus*, *26*(1-2), 2-10.

Lunine, J. I. (2013) *Earth: evolution of a habitable world*. Cambridge University Press.

Marais, D. D., & Walter, M. R. (1999) Astrobiology: exploring the origins, evolution, and distribution of life in the universe. *Annual review of ecology and systematics*, *30*(1), 397-420.

Martínez-Alier, J. (2003) Scale, environmental justice, and unsustainable cities. *Capitalism Nature Socialism*, *14*(4), 43-63.

Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. (2016) Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature News*, *536*(7615), 143.

McKay, C. P. (2009) Planetary ecosynthesis on Mars: restoration ecology and environmental ethics. *Exploring the origin, extent, and future of life: Philosophical, ethical, and theological perspectives*, 245-260.

McKay, CP, Toon, OB y Kasting, JF (1991) Haciendo a Marte habitable. *Nature*, *352* (6335), 489.

McKee, J. K., Sciulli, P. W., Fooce, C. D., & Waite, T. A. (2004) Forecasting global biodiversity threats associated with human population growth. *Biological Conservation*, *115*(1), 161-164.

MEA. (2005) Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis (Millennium Ecosystem Assessment Series). *World Resources Institute, Washington, DC*, 155.

Mendelsohn, R., Prentice, I. C., Schmitz, O., Stocker, B., Buchkowski, R., & Dawson, B. (2016) The ecosystem impacts of severe warming. *American Economic Review*, *106*(5), 612-14.

Miller-Struttmann, N. E., Geib, J. C., Franklin, J. D., Kevan, P. G., Holdo, R. M., Ebert-May, D., & Galen, C. (2015) Functional mismatch in a bumble bee pollination mutualism under climate change. *Science*, *349*(6255), 1541-1544.

Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G., & Worm, B. (2011) How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS biology*, *9*(8), e1001127.

Morse, D. R., Lawton, J. H., Dodson, M. M., & Williamson, M. H. (1985) Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body lengths. *Nature*, *314*(6013), 731.

Nazarevich, V. J. (2015) The sixth species extinction event by humans. *Earth Common Journal*, *5*(1), 61-72.

Nelson, M. C., Ingram, S. E., Dugmore, A. J., Streeter, R., Peeples, M. A., McGovern, T. H., & Spielmann, K. A. (2016) Climate challenges, vulnerabilities, and food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(2), 298-303.

Newsom, B. D. (1972) Habitability factors in a rotating space station. *Space life sciences*, *3*(3), 192-197.

NOAA. (2019) Global Climate Report - January 2019. Global Climate Report, State of the Climate National Centers for Environmental Information. National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201803

Nowak, M. A., & Sigmund, K. (2005) Evolution of indirect reciprocity. *Nature*, *437*(7063), 1291.

O'Neil, G. (1974) The colonization of space. In *Space Manufacturing Facilities* (p. 2041).

ONU. (2015) *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.* Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Data Booklet. ST/ESA/SER.A/377.

Orgel, L. E. (1998) The origin of life—a review of facts and speculations. *Trends in biochemical sciences*, *23*(12), 491-495.

Oyamaguchi, H. M., Vo, P., Grewal, K., Do, R., Erwin, E., Jeong, N., & Gridi-Papp, M. (2018) Thermal sensitivity of a Neotropical amphibian (Engystomops pustulosus) and its vulnerability to climate change. *Biotropica*, *50*(2), 326-337.

Pagel, M. (1999) Inferring the historical patterns of biological evolution. *Nature*, *401*(6756), 877.

Pavlov, A. A., Kasting, J. F., Brown, L. L., Rages, K. A., & Freedman, R. (2000) Greenhouse warming by CH4 in the atmosphere of early Earth. *Journal of Geophysical Research: Planets*, *105*(E5), 11981-11990.

Petigura, E. A., Marcy, G. W., & Howard, A. W. (2013) A plateau in the planet population below twice the size of Earth. *The Astrophysical Journal*, *770*(1), 69.

Plambeck, E. L. (2012) Reducing greenhouse gas emissions through operations and supply chain management. *Energy Economics*, *34*, S64-S74.

Powlson, D. S., Stirling, C. M., Thierfelder, C., White, R. P., & Jat, M. L. (2016) Does conservation agriculture deliver climate change mitigation through soil carbon sequestration in tropical agro-ecosystems? *Agriculture, ecosystems & environment*, *220*, 164-174.

Prothero, D. R. (2014) Species longevity in North American fossil mammals. *Integrative zoology*, *9*(4), 383-393.

Rand, D. G., Greene, J. D., & Nowak, M. A. (2012) Spontaneous giving and calculated greed. *Nature*, *489*(7416), 427.

Raup, D. M. (1986) Biological extinction in earth history. *Science*, *231*(4745), 1528-1533.

Raup, D. M., & Sepkoski, J. J. (1982) Mass extinctions in the marine fossil record. *Science*, *215*(4539), 1501-1503.

Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, M. E., BedoyaGaitán, M., Valderrama, N., Anderson, C. B., & Fennessy, S. (2018) Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *IPBES book*.

Ricklefs, R. E., & Schluter, D. (Eds.). (1993) *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives* (Vol. 414). Chicago: University of Chicago Press.

Ritchie, M. E., & Olff, H. (1999) Spatial scaling laws yield a synthetic theory of biodiversity. *Nature*, *400*(6744), 557.

Rockström, J., Steffen, W. L., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., & Nykvist, B. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*.

Romano, C., Goudemand, N., Vennemann, T. W., Ware, D., Schneebeli-Hermann, E., Hochuli, P. A., & Bucher, H. (2013) Climatic and biotic upheavals following the end-Permian mass extinction. *Nature Geoscience*, *6*(1), 57.

Rosenzweig, M. L. (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press.

Rushby, A. J., Claire, M. W., Osborn, H., & Watson, A. J. (2013) Habitable zone lifetimes of exoplanets around main sequence stars. *Astrobiology*, *13*(9), 833-849.

Schmaljohann, H., & Both, C. (2017) The limits of modifying migration speed to adjust to climate change. *Nature Climate Change*, *7*(8), 573.

Schneider, E. D. (2004) Gaia: Towards a Thermodynamics of Life. on *SH Schneider, JR Miller, E. Crist and PJ Boston*, (comps). Scientist Debate GAIA, MIT Press,

Cambridge pp 45-56.

Scholes, R. J., Montanarella, L., Brainich, E., Barger, N., ten Brink, B., Cantele, M., & Kohler, F. (2018) IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Seamon, J. O., & Adler, G. H. (1996) Population performance of generalist and specialist rodents along habitat gradients. *Canadian Journal of Zoology*, *74*(6), 1130-1139.

Senapathi, D., Carvalheiro, L. G., Biesmeijer, J. C., Dodson, C. A., Evans, R. L., McKerchar, M., & Potts, S. G. (2015) The impact of over 80 years of land cover changes on bee and wasp pollinator communities in England. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *282*(1806), 20150294.

Senapathi, D., Goddard, M. A., Kunin, W. E., & Baldock, K. C. (2017) Landscape impacts on pollinator communities in temperate systems: evidence and knowledge gaps. *Functional Ecology*, *31*(1), 26-37.

Shock, E.L. & Holland, M.E. (2007) Quantitative habitability. Astrobiology 7:839–851.

Shrestha, M., Garcia, J. E., Bukovac, Z., Dorin, A., & Dyer, A. G. (2018) Pollination in a new climate: Assessing the potential influence of flower temperature variation on insect pollinator behaviour. *PloS one*, *13*(8), e0200549.

Smil, V. (2003) *The Earth's biosphere: Evolution, dynamics, and change*. Mit Press.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015) The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, *2*(1), 81-98.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., & Folke, C. (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223), 1259855.

Stringer, C. (1984) *Human evolution and biological adaptation in the Pleistocene. In: Foley, R. (ed.). Hominid evolution and community ecology*. London, Academic Press. pp. 55-83.

Stringer, C. (2000) Palaeoanthropology: coasting out of Africa. *Nature*, *405*(6782), 24.

Tashiro, T., Ishida, A., Hori, M., Igisu, M., Koike, M., Méjean, P., & Komiya, T. (2017) Early trace of life from 3.95 Ga sedimentary rocks in Labrador, Canada. *Nature*, *549*(7673), 516.

Tipler, F. J. (1981) Additional remarks on extraterrestrial intelligence. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, *22*, 279.

Trail, D., Watson, E. B., & Tailby, N. D. (2011). The oxidation state of Hadean magmas

and implications for early Earth's atmosphere. *Nature*, *480*(7375), 79.

Wächtershäuser, G. (2006) From volcanic origins of chemoautotrophic life to Bacteria, Archaea and Eukarya. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *361*(1474), 1787-1808.

White, T. D., Asfaw, B., DeGusta, D., Gilbert, H., Richards, G. D., Suwa, G., & Howell, F. C. (2003) Pleistocene homo sapiens from middle awash, ethiopia. *Nature*, *423*(6941), 742.

Winisdoerffer, F., & Soulez-Lariviere, C. (1992) Habitability constraints/objectives for a Mars manned mission: internal architecture considerations. *Advances in Space Research*, *12*(1), 315-320.

WWF. (2016) *Living Planet Report 2016: Risk and Resilience in a New Era*. WWF International: Gland, Switzerland.

WWF. (2018) *Informe Planeta Vivo-2018: Apuntando más alto.* Grooten, M. y Almond, R.E.A. (Eds). WWF, Gland, Suiza.

Yock P. (2013) *Astronomers anticipate 100 billion Earth-like planets.* Pauline Curtis. Royal Astronomical Society News& Press. http://www.ras.org.uk/news-and-press/224-news-2013/2239-astronomers-anticipate-100-billion-earth-like-planets Recuperado 27 de mayo de 2019

Zhang, D. D., Brecke, P., Lee, H. F., He, Y. Q., & Zhang, J. (2007) Global climate change, war, and population decline in recent human history. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(49), 19214-19219.

Zhang, Y., Mathewson, P. D., Zhang, Q., Porter, W. P., & Ran, J. (2018) An ecophysiological perspective on likely giant panda habitat responses to climate change. *Global change biology*, *24*(4), 1804-1816.

Zubrin, R. (1996) The case for colonizing Mars. *Ad Astra*, *8*(4), 36-38.

Zubrin, R. and Wagner, R. (1996) *The Case for Mars: the Plan to Settle the Red Planet and Why We Must.* The Free Press.

Capítulo 20

Las falacias de la geoingeniería para preservar el capitalismo y su consecuente desigualdad

Antonio Sarmiento Galán

"*The further a society drifts from the truth, the more it will hate those that speak it*."
George Orwell

Limitar el calentamiento global a 1.5°C por arriba del nivel preindustrial no sólo es factible, sino que constituye la mejor forma de lograr justicia social y ambiental y de contener los impactos de la crisis global que nació de la injusticia histórica y de una responsabilidad fuertemente desigual
HBöll, 2018; introducción

RESUMEN.

Nunca se había publicado un reporte del IPCC tan inconsistente como el que considera la posibilidad de estabilizar el calentamiento de la Tierra en 1.5°C por arriba de la temperatura preindustrial. A pesar de que se reconoce explícitamente que es posible lograr el objetivo sin recurrir a las tecnologías propuestas por la geoingeniería[1] –muchas de ellas aun en desarrollo y a escala experimental– dichas tecnologías son incluidas en los escenarios considerados porque se piensa que seremos capaces de seguir quemando combustibles fósiles, rebasar cualquier límite a las emisiones sin importar los riesgos asociados y luego intentar remediar los daños causados mediante la recuperación de las emisiones excesivas. En este análisis se describen tales inconsistencias, se mencionan algunas de las razones por las que la conducta criminal resulta obvia y se recuerdan las alternativas que constituyen soluciones permanentes.

Palabras clave: riesgos climáticos; desigualdades económicas; injusticia ambiental; geoingeniería

ABSTRACT.

The IPCC report on a warming of 1.5°C above preindustrial levels contains, with respect to all the previous reports, the larger number of inconsistencies: it clearly states that it's still possible to keep global warming below 1.5º C without using geoengineering techniques that have been only deployed at the experimental scale and whose efficacy is still theoretical. But further on, it considers pathways that

1 La geoingeniería es la interferencia del hombre en el balance energético terrestre con el objetivo de contrarrestar, al menos parcialmente, el calentamiento global antropogénico.

use high-risk geoengineering technologies which are not solutions and may even exacerbate climate imbalances. It contemplates the possibility that we shall be able to overshoot any emissions' limit by continuing to burn fossil fuels and then try to repair the damages by recapturing the excessive emissions. These inconsistencies are hereby described, some of the reasons for the resulting criminal conduct are mentioned, and the alternate permanent solutions are recalled as well.

Key words: climate risks; unequal economies; environmental injustice, geoengineering

INTRODUCCIÓN

El reporte especial del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (IPCC, 2018) destaca la urgente necesidad de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) para prevenir un calentamiento global mayor a 1.5°C por arriba del nivel preindustrial, un umbral que se considera esencial para evitar impactos catastróficos mayores; el documento es una advertencia alarmante sobre la gravedad del cambio climático inducido y las reducciones de emisiones que son necesarias, especificando meticulosamente cómo es que los serios impactos climáticos de 1.5°C de calentamiento, son mucho menos destructivos que los de 2°C. Con un aumento de 1°C, ya estamos experimentando extremos climáticos devastadores en muchas regiones del planeta: cada 0.1°C trae nuevos riesgos que amenazan con la extinción de ecosistemas completos, como los arrecifes de coral, que no son sólo paisajes hermosos, sino constituyen también un elemento crucial en la cadena de alimentación marina.

El IPCC indica claramente las causas del cambio climático: el calentamiento global causado por los gases de efecto invernadero que se emiten principalmente por la conversión de energía, la agricultura y otras actividades industriales que dependen de la quema de combustibles fósiles: petróleo, gas y carbón. Entre los mensajes clave del reporte, destaca el manifestar que, mediante drásticas reducciones de emisiones, vías transformativas y el rescate y la protección de los ecosistemas, **todavía es posible mantener el calentamiento global por debajo de 1.5°C sin usar técnicas de geoingeniería**. Esta declaración no es nueva, hay quien lleva muchos años repitiéndola y mencionando además la forma de ejecutarla (Hansen, 2019):

> Nuestro planeta, magnífico e incomparable, está siendo salvajemente abusado; pero cuenta con poderes notables para recuperarse si tan sólo detuviésemos el abuso lo suficientemente pronto. La ciencia es clara como el cristal: debemos seguir un camino realista para reducir rápidamente las emisiones globales de la quema de combustibles fósiles que permita, al anularlas por completo, mantener el calentamiento global por debajo de incluso el objetivo más optimista de las Naciones Unidas. Si se adopta este camino antes del 2021, se alcanzará el tope del calentamiento sin la intervención de la antinatural y potencialmente peligrosa geoingeniería del planeta

Sin embargo, el reporte del IPCC falla, una vez más, en abordar las profundas implicaciones de reducir las emisiones en línea con 1.5 ó 2°C. Vístase como se quiera, el cambio climático es, en última instancia, un problema de racionamiento.

El reporte ignora otros escenarios propuestos para confrontar al cambio climático, debido principalmente a que no se quiere cuestionar abiertamente al *status quo* económico o desafiar la desigualdad global relacionada con quién ha causado

la crisis climática y debe ahora reducir sus emisiones drásticamente. Para evitar estas cuestiones fundamentales, el reporte considera vías que usan tecnologías de muy alto riesgo, tales como la geoingeniería, que no sólo no son soluciones, sino que pueden, además, exacerbar el desequilibrio climático. No obstante el elevado riesgo, el IPCC –que sólo se distancia del uso de técnicas para la gestión de radiación solar– analiza el uso de algunas tecnologías para la remoción de bióxido de carbono (CO_2). El reporte reconoce que en el presente, la eficacia de estas técnicas sólo es teórica y que "enfrentan grandes incertidumbres y brechas de conocimiento, así como riesgos substanciales, limitaciones institucionales y sociales para su despliegue, relacionadas con la gobernabilidad, la ética y los impactos sobre el desarrollo sostenible" (IPCC, 2018; recuadros 4.6 y 4.3.8; Cross-Chapter Box 10).

Es así, como la relación entre la geoingeniería y la preservación del capitalismo se vuelve evidente: para continuar con el modelo de desarrollo y producción industrial que ha causado el desastre climático, se proponen tecnologías de alto riesgo para que algunos cuantos puedan sobrevivir y conservar sus privilegios aún y cuando eso implique toda una serie de amenazas ambientales y sociales para millones de otras personas.

LOS CAMINOS DE LA GEOINGENIERÍA

De manera coincidente con la aparición del reporte, 110 organizaciones nacionales e internacionales y seis de los ganadores del premio "Nobel alternativo", publicaron un Manifiesto contra la Geoingeniería (MCG, 2018), en el que grandes redes como *Friends of the Earth International, Vía Campesina, the Indigenous Environmental Network, the Climate Justice Alliance, the World March of Women, Oil Change International,* la red feminista *DAWN* y otras, demandan un alto a los experimentos de geoingeniería, varios de los cuales se llevan a cabo en tierra indígenas debido al impacto que la geoingeniería tendrá sobre la biodiversidad, las comunidades y los pueblos, y debido a que la geoingeniería desviará la atención de las soluciones reales.

Las tecnologías de la geoingeniería, específicamente las propuestas para la remoción de bióxido de carbono (CO_2) apuntalan tres de las 4 vías modelo presentadas por el IPCC, pero como ya mencionamos previamente, el IPCC reconoce en la primera de las vías que es posible limitar el aumento de temperatura sin usar estas tecnologías. En uno de los escenarios, reconoce que existen otras formas, las cuales incluyen la restauración y protección de los ecosistemas naturales, requieren hacer cambios en la agricultura y otros sectores industriales para evitar emisiones y absorber y retener gases de efecto invernadero. Sin embrago, el IPCC sugiere en este escenario el uso de la forestación, lo que equivale a grandes plantaciones de monocultivos arbóreos y ciertamente, no constituye una manera de "restaurar ecosistema alguno" sino que implica exactamente lo contrario (ver el reporte de CLARA más adelante).

El IPCC también señala la necesidad de reducir las emisiones de CO_2 en un 45% para el 2030 y lograr emisiones netas nulas para el 2050. Esta cifra puede parecer elevada pero históricamente, son sólo 10 los países que han sido responsables de dos terceras partes de las emisiones; actualmente, esas 10 naciones son responsables de más del 70% de las emisiones, el grupo incluye a China, los Estados Unidos, India, Rusia, Japón, Brasil, Indonesia, Canadá y México más la Unión Europea, cuyos habitantes emiten el doble de gases de efecto invernadero que los otros 175 países

juntos (WRI, 2017).

Ésta es una imagen clara de la injusticia climática global, pero para considerarla en forma completa, es necesario añadir la desigualdad dentro de cada país ya que la responsabilidad de las emisiones globales está severamente sesgada por los estilos de vida de unas cuantas personas, incluyendo científicos y profesores. De acuerdo con Kevin Anderson, el 50% de las emisiones de carbono provienen de las actividades del 10% más rico de la población mundial y aumentan al 70% de las emisiones totales si el conteo sólo se amplia al 20% más rico de la población mundial (Anderson, 2018). Añade, además, que si el 10% más rico redujese su huella de carbono al nivel de un ciudadano europeo promedio –que ya es considerablemente más alta que la de la mayoría de la población mundial– las emisiones globales de carbono se reducirían por una tercera parte en uno o dos años.

Para reducir genuinamente las emisiones en línea con un objetivo, digamos 2°C, se requiere una transformación en la capacidad productiva de la sociedad, reminiscente del Plan Marshall. El trabajo y los recursos utilizados para proporcionar los estilos de vida de quienes forman el 20% más rico de la población –con un contenido de carbono muy elevado– tendrá que reconfigurarse rápidamente en un sistema energético totalmente libre de carbono. No más segundas o grandes casas, camionetas, vuelos 'de negocios' o en primera clase, ni niveles de consumo a niveles altos; en su lugar, nuestro sistema económico debería estar construyendo nuevas casas con consumo energético nulo, remodelando y readaptando las casas existentes, expandiendo enormemente el transporte público y creando un aumento cuádruple en electrificación libre de carbono.

Cuando se afirma (Hansen, 2019) que los Estados Unidos son un

> estado burocrático (administrativo) con un gobierno invisible (secreto) que en grado substancial es manejado por el gran capital y que los fundadores de dicha democracia, quienes firmaron la declaración de independencia y enmarcaron la constitución, anticiparon que ocasionalmente se necesitaría una revolución y que ya es hora de hacerla para restaurar el gobierno de la gente, por la gente y para la gente

¿Por qué no se le escucha?

En lugar de tomar en cuenta y analizar otros tipos de propuestas, el IPCC escogió restringir sus consejos de política para que estos se ajusten perfectamente al modelo económico actual, recurriendo al uso del profundamente ilógico concepto de "emisiones negativas", este concepto permite que los contaminadores justifiquen el continuar emitiendo grandes cantidades de carbono si éstas son compensadas mediante tecnologías de geoingeniería, tales como la bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS, por sus siglas en inglés), captura directa en el aire y erosión aumentada. Resulta incomprensible la inclusión, por ejemplo, de un escenario que dependa enormemente de la eliminación del CO_2 de la atmósfera mucho más tarde en este siglo, cuando los científicos y los responsables políticos de hoy ya habrán muerto; desafortunadamente, este paso intergeneracional también domina el consejo del IPCC para no sobrepasar el límite de 2°C.

La contradicción es más incomprensible aun, cuando nada se dice sobre la advertencia de la ONU (UNEP, 2018) sobre la complicidad gubernamental –en este caso de todos los países con un sistema económico capitalista– para evitar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en forma consecuente con lo firmado por

ellos mismos en el acuerdo de París; con ello se refuerza el pensamiento capitalista de continuar la quema de combustibles fósiles sin respetar límite alguno. El documento de la ONU, que menciona el reporte del IPCC dejando entrever que hubo comunicación entre los autores de ambas manifestaciones, advierte que debemos triplicar las reducciones en emisiones propuestas si queremos permanecer por debajo de los 2°C y quintuplicar dichas reducciones si intentamos no rebasar los 1.5°C, en ambos casos con una probabilidad de tan sólo el 66%. El documento también señala que las emisiones deberán empezar a disminuir en el 2020, reduciéndose en el 2030 por un 25% respecto de los niveles actuales para limitar el calentamiento a 2°C y cayendo un 55% para limitarlo a 1.5°C.

El reporte del IPCC considera las tecnologías de la geoingeniería en algunas de las vías propuestas a pesar de que también reconoce que implican "múltiples restricciones de viabilidad y sostenibilidad", que "la mayoría de las medidas actuales y potenciales para remover CO_2, si se implementasen a gran escala, podrían tener impactos importantes sobre la tierra, la energía, el agua y los nutrientes", y que "la forestación y el BECCS pueden competir entre si y con otros usos de suelo y que pueden tener impactos importantes sobre los sistemas agrícolas y alimentarios, la biodiversidad y otras funciones y servicios de los ecosistemas" (IPCC, 2018. SR1.5 SPM: C3).

Esta enorme contradicción entre una clara advertencia sobre la realidad del calentamiento global y la inclusión de propuestas que lo exacerbarían –a pesar del reconocimiento del IPCC de que podría ser posible salir del caos climático sin hacer uso de esos parches técnicos– se explica mediante una serie de factores tales como el hecho de que aparezcan empleados de compañías petroleras entre los autores del reporte del IPCC y que no aparezca uno sólo de los científicos nominados varias veces por organizaciones de la sociedad civil (ETC, 2017); esta evidencia muestra inequívocamente la existencia de un claro conflicto de intereses. Los autores en cuestión trabajan en ExxonMobil y Saudi Aramco[2], que ocupan el segundo y tercer lugar entre las corporaciones que más gases de efecto invernadero emiten a nivel mundial y que junto con otras 88 de estas corporaciones, son responsables de dos terceras partes de las emisiones históricas acumuladas de bióxido de carbono y metano desde 1854; es decir, son claramente responsables –como causantes– del calentamiento global (Heede, 2013). Esta situación tampoco es nueva y se ha señalado varias veces, la más reciente por James Hansen: "Hay problemas con las organizaciones internacionales. Partes de las Naciones Unidas son ineficaces o incluso corruptas" (Hansen, 2019).

Otro de los factores que se deben explicar es el papel de grandes organizaciones dedicadas a la filantropía, pero cuyos donativos provienen de las compañías que contribuyen a causar los mismos problemas que la filantropía quiere resolver; un fraude que permite a dichas compañías el disfrazarse de empresas con valores y ética ambientalistas y consumar un engaño adicional al hecho de que evaden contribuciones fiscales con los 'apoyos' que otorgan a la filantropía (Piller, 2018). Por ejemplo, Wellcome Trust se promociona a sí misma como una filantropía que apoya la investigación para entender "qué hace que las ciudades sean saludables y ambientalmente sostenibles"

2 Saudi Aramco está bajo el control del príncipe Saudí Mohammed bin Salman, considerado autor intelectual de la desaparición del periodista Jamal Khashooggi y del genocidio en Yemen y quien recibió en privado al expresidente de México durante la cumbre G20 celebrada en Argentina en el 2018.

(Wellcome Trust, sf) y por ello financió un estudio sobre la grave contaminación del aire en Hong Kong, en el que se encontró que los residentes mayores expuestos al esmog y especialmente al hollín tenían más probabilidades de morir de cáncer; pero resulta que parte del dinero para financiar la investigación de la contaminación del aire provenía de Varo Energy, una compañía que vende combustible búnker[3] a las empresas navieras y cuyo uso causa resultados mortales como los encontrados por el estudio financiado por Wellcome Trust: la muerte prematura de 250,000 personas al año.

La revelación de los fondos proviene de los documentos llamados "The Paradise Papers", que fueron filtrados por una firma de abogados que gestionó algunos de los acuerdos. Las grandes fundaciones y otras organizaciones sin fines de lucro suelen utilizar compañías extraterritoriales e inversiones no reveladas para maximizar los rendimientos y, sin embargo, la naturaleza de estas cuentas obscurece polémicamente cómo fluyen exactamente los dólares exentos de impuestos de las organizaciones.

El reporte del IPCC también desprecia el impacto en salud que tendría el seguir emitiendo y después intentar recuperar lo emitido sin tener aun la tecnología necesaria para hacerlo a la escala adecuada; una inconsistencia más pues en el mismo reporte se señala que

> "Limitar el calentamiento a 1.5°C se puede lograr de forma sinérgica con alivio de la pobreza y mejora en seguridad energética y puede proporcionar grandes beneficios para la salud pública a través de una mejor calidad del aire, previniendo millones de muertes prematuras. Sin embargo, algunas medidas de mitigación específicas, como la bioenergía, pueden acarrear compromisos que requieran mayor consideración {2.5.1, 2.5.2, 2.5.3}".

Otro problema que también está siendo causado por la continuación de emisiones de CO_2 y que es igualmente ignorado por el reporte del IPCC al considerar que las consecuencias de las emisiones se podrán revertir con sólo retirar posteriormente de la atmósfera el CO_2 emitido, es el de la pérdida de nutrientes en los granos básicos –los que constituyen la base de la alimentación de las especies animales en todo el planeta– por el aumento en la temperatura del planeta, observado y predicho (Zhao *et* al., 2017; Rosenzweig *et al.,* 2014; Smith y Myers, 2018;Deutsch *et al*., 2018) y en forma adicional a la disminución en las cosechas por la misma razón ¿Dónde queda entonces el segundo de los objetivos del desarrollo sostenible de la ONU?

Los últimos dos problemas que resultan obvios y son ignorados por el reporte del IPCC, son el aumento tanto en el nivel (Storlazzi, *et al.*, 2018) como en la acidez de los océanos, un par de fenómenos que son irremediables por más CO_2 que se retire de la atmósfera en forma posterior al haber sido emitido. ¿Se habrán dado cuenta los autores del reporte del IPCC de tan obvia contradicción, ampliamente considerada por el Banco Mundial (2018)? ¿De qué forma se piensa restablecer la acidez de la fuente de vida e inicio del proceso alimentario del planeta (Eyre *et al.* 2018)? ¿Qué se entiende entonces por el décimo cuarto objetivo del desarrollo sostenible de la ONU?

En otra instancia, el acuerdo de París señala que a los países pobres les tomará un poco más de tiempo realizar la transformación para eliminar totalmente el carbono

3 Residuo en la refinación de petróleo y fuente importante en la emisión de hollín, cuyo uso emite partículas en forma desmesurada por la enorme cantidad de barcos en las empresas navieras que lo consumen por ser más barato.

de sus economías y con ello eleva todavía más el compromiso de las naciones ricas: aun para los 2°C, éstas deberán llegar a la anulación del carbono entre 2035 y 2040 y las pobres lo harán una década después; para 1.5°C, se deberá además recapturar el CO_2 de la atmósfera a escala planetaria. Pero de nuevo, aunque se pone énfasis en la urgente necesidad de realizar la investigación de las técnicas especulativas propuestas para ello, se evade reconocer la causa real de la crisis. Hasta que el IPCC –y en general, la sociedad– reconozcan la enorme asimetría en el consumo y sus consecuentes emisiones, las temperaturas continuarán aumentando más allá de 1.5 y 2°C, legando a las generaciones futuras el caos climático de 3, 4 o incluso más °C.

En este contexto, el papel de los movimientos de base y populares, junto con las más de 110 organizaciones nacionales e internacionales de la sociedad civil que firmaron el Manifiesto contra la Geoingeniería y relanzaron la campaña Manos Fuera de la Madre Tierra (HOME, por sus siglas en inglés), es esencial, no sólo para denunciar falsas soluciones como la geoingeniería, sino también porque estos movimientos juntos tienen el conocimiento y la experiencia de alternativas reales y justas al caos climático, algo que la campaña HOME destacará a lo largo de la resistencia contra la geoingeniería.

Una buena contribución para avanzar en la discusión de estas alternativas es el informe *Radical Realism for Climate Justice*, una compilación publicada por la Fundación Heinrich Böll (HBöll, 2018). Este informe constituye "una respuesta de la sociedad civil al reto de limitar el calentamiento global a 1.5°C al mismo tiempo que se allana el camino hacia la justicia climática. Debido a que no es ingenuo ni políticamente inviable, es radicalmente realista". Incluye perspectivas y experiencias reales sobre como salir de la extracción y la dependencia de los combustibles fósiles, sobre las vías de decrecimiento y la economía circular, y sobre el papel de los sistemas alimentarios agroecológicos y campesinos. Para los autores del reporte del IPCC, no parecen relevantes las propuestas sobre la recuperación de los sistemas alimentarios propuestas por los mismos campesinos cuyos derechos han sido reconocidos recientemente por la misma ONU (UN, 2018), quienes además de poseer las habilidades, el conocimiento y el orgullo para trabajar la tierra, pescar en las aguas, pastorear animales y colectar comida silvestre para alimentar a sus comunidades, también alimentan al 80% de la población mundial en una fracción de la superficie tomada por los monocultivos industriales, conservan recursos, construyen humus y manejan la biodiversidad en formas que son críticas para para afrontar el calentamiento global. El informe de la fundación también incluye un artículo detallado sobre 'como modelar escenarios de mitigación compatibles con 1.5°C y sin remoción de CO_2' realizado por Christian Holz, que representa una respuesta a la inclusión de la geoingeniería en los escenarios del IPCC.

Otro análisis que debate el reporte del IPCC y apuntala el manifiesto de HOME, aunque no intenta hacerlo específicamente, es el reporte *Missing Pathways to 1.5*, publicado por la alianza *Climate, Land, Ambition and Rights Alliance* (CLARA, 2018) y ratificado por 38 organizaciones internacionales. Este reporte, cuyos autores principales son Kate Dooley y Doreen Stabinsky, revisa una serie de artículos científicos y analiza las soluciones basadas en ecosistemas para el sector terrestre que evitan superar los 1.5°C de calentamiento global. La conclusión principal de este trabajo es la de que es posible reducir, evitar y reabsorber la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050 mediante soluciones basadas en ecosistemas

y respeto a los derechos humanos. En lugar de enfocarnos en el peligroso concepto de 'emisiones negativas', que deja la carga del cambio a las generaciones futuras que se verían todavía más afectadas por el caos climático, debemos enfocarnos en como evadir las emisiones de gases de efecto invernadero inmediata y permanentemente. El reporte de CLARA pone el énfasis sobre la necesidad de respetar y hacer cumplir los derechos de los pueblos indígenas y las comunidades locales, incluyendo a los campesinos, como un pilar básico para la protección de los bosques y los ecosistemas y para su uso sostenible; para proteger, restaurar y permitir que los sistemas críticos se regeneren, tales como los bosques y los humedales; y para transformar los sistemas industriales de alimentación hacia una producción y un consumo más locales y agroecológicos, con menor ingesta de carne y una mucho mejor producción ganadera. Tal parecería que son estos grupos los únicos que escuchan a la ONU cuando declara que 11% de la población mundial está desnutrida y que los países que tienen mayores tasas de desnutrición son también los más expuestos a los mayores cambios en el caos climático: el número de eventos extremos relacionados con el clima –como ondas de calor, sequías, inundaciones o tormentas– se ha duplicado desde los primeros años en la década de los 1990s (FAO, 2018).

El reporte de CLARA hace una clara distinción entre reforestación y restauración con las comunidades y en armonía con la naturaleza, por un lado, y por el otro, la noción de forestación, que es un eufemismo para las plantaciones a gran escala de monocultivos con impactos devastadores sobre las comunidades y los ecosistemas; el reporte estima que con todas las medidas propuestas, existe una reducción potencial cercana a 23 giga-toneladas de CO_2 al año (o el equivalente de gases de efecto invernadero), casi la mitad de las emisiones anuales totales de CO_2; ello elimina la supuesta necesidad de remover carbono con técnicas de geoingeniería o cualquier otro parche técnico. Además, como se trata de medidas que no son provisionales, los ecosistemas restaurados y las demás propuestas, como la agrosilvicultura, también podrían capturar gradualmente el CO_2 residual que permanecería en la atmósfera.

CONCLUSIONES

Aunque se deben realizar más estudios y compilaciones de las experiencias de los movimientos de base, los pueblos indígenas y las comunidades locales, estas vías representan no sólo las respuestas al calentamiento global, sino que también son cambios positivos para la biodiversidad, las comunidades indígenas o campesinas y para la salud de todos.

Afortunadamente, antes de terminar este texto se publicaron dos estudios muy completos (Teske, 2019) y claros (Fuhr, 2019) sobre los escenarios para no rebasar los 1.5 °C mediante el uso de energías de fuentes renovables y sin la inclusión de las tecnologías de la geoingeniería; estos estudios deberían considerarse, cuando menos, al mismo nivel que el reporte especial del IPCC (IPCC, 2018).

Finalmente, no hay que olvidar el otro aspecto no debidamente reconocido en el reporte del IPCC: la lenta respuesta del clima a las emisiones y la consecuente urgencia de actuar ya. El océano y las capas de hielo en la Antártida y Groenlandia no responden rápidamente a los factores que impulsan el calentamiento global. Se necesitan décadas para que el océano se caliente en respuesta al aumento del CO_2 en la atmósfera derivado de la quema de petróleo, gas y carbón, y aún más para que las

capas de hielo se derritan y eleven el nivel del mar. Estas respuestas tardías implican que los jóvenes sufrirán consecuencias debido a las acciones de generaciones anteriores (Hansen, 2019; Sarmiento, 2018).

La física es la parte fácil del problema climático; lo que hace que la historia del calentamiento sea una tragedia, es la respuesta humana: las políticas y la política. Las acciones necesarias para estabilizar el clima hacen que el sentido económico y estratégico sea independiente de las preocupaciones sobre el clima. Sin embargo, tales acciones no son propuestas por algún partido político en algún país; en lugar de ello, los políticos, proponen políticas de clima y energía que se ajusten a sus ideologías, no aquellas que sean más efectivas y mejores para los jóvenes y las generaciones que les sigan, si es que éstas llegan a existir. ¿Seguiremos ignorando las tibias advertencias de los científicos (Ripple, *et al*., 2017)?

FUENTES DE CONSULTA

Anderson, (2018) Response to the IPCC 1.5°C Special Report. http://blog.policy.manchester.ac.uk/posts/2018/10/response-to-the-ipcc-1-5c-special-report/ Recuperado 27 de mayo de 2019

Banco Mundial, (2018) GROUNDSWELL Preparing for Internal Climate Migration. The World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29461 Recuperado 27 de mayo de 2019

CLARA, (2018) Missing Pathways to 1.5°C, the role of the land sector in ambitious climate action https://www.climatelandambitionrightsalliance.org/report/ Recuperado 27 de mayo de 2019

Deutsch, C. A., *et al*. (2018) Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science,* 361, 6405, 916. doi: 10.1126/science.aat3466 http://science.sciencemag.org.pbidi.unam.mx:8080/content/361/6405/916?_ga=2.171464742.769605093.1546367297-1861487413.1511717422 Recuperado 27 de mayo de 2019

Eyre, B. D. *et ql*., (2018) Coral reefs will transition to net dissolving before end of century, *Science*, 359, 908. http://science.sciencemag.org/content/359/6378/908 Recuperado 27 de mayo de 2019

ETC, (2017) Civil society: "Oil companies should not author IPCC report" 108 organizations urged IPCC to review flagrant conflict of interest of allowing two oil company employees to co-author a crucial report on global warming. http://www.etcgroup.org/content/open-letter-ipcc-108-civil-society-organizations Recuperado 27 de mayo de 2019

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], (2018) The State of Food Security in the World. Building Climate Resilience for Food Security and Nutrition. http://www.fao.org/3/I9553EN/i9553en.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Fuhr, L. (2019) Respuestas al cuestionario del Forum for Climate Engineering Assessment ante la propuesta de Suiza en la 4ta Asamblea Ambiental de las Naciones Unidas (UNEA) y las cuatro publicaciones citadas ahí mismo. https://ceassessment.org/geoengineering-on-the-agenda-at-the-united-nations-

environment-assembly/ Recuperado 27 de mayo de 2019

Hansen, J. (2019) Sophie's Planet. "I'm Sorry to Leave You Such a F***ing Mess." En prensa.

HBöll, (2018) *Radical Realism for Climate Justice*, A Civil Society Response to the Challenge of Limiting Global Warming to 1.5°C. Heinrich Böll Stiftung, 2018 https://www.boell.de/en/radicalrealism Recuperado 27 de mayo de 2019

Heede, R. (2013) "Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854–2010" *Climatic Change*, November 2013. https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-013-0986- https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10584-013-0986-y.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

IPCC, (2018). Special Report on global warming at 1.5 above pre-industrial (SR1.5). http://www.ipcc.ch/report/sr15/ Recuperado 27 de mayo de 2019

MCG, (2018) *Manifiesto contra la Geoingeniería*. http://www.geoengineeringmonitor.org/wp-content/uploads/2018/10/HOME_manifesto-ES.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Piller, C. (2018) At arm's length. Major private research funders make secretive offshore investments, raising ethical concerns. *Science*, 362, 1100, 2018. doi:10.1126/science.362. 6419.1100 http://science.sciencemag.org.pbidi.unam.mx:8080/content/sci/362/6419/1100.full.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Ripple, W. J. *et al*., (2017) World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *Bioscience* 67, 12, 1026. https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/67/12/1026/4605229 Recuperado 27 de mayo de 2019

Rosenzweig, C. et al. (2014) Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proc. Natl. Acad. Sci*. U.S.A. **111**, 3268–3273 (2014). doi:10.1073/pnas.1222463110pmid:24344314

Sarmiento, A. (2018) Presentación en el World Sustainable Development Forum, Hotel Presidente InterContinental, Feb. 1, 2018. Reimpresa en: El soslayo de un legado. Revista electrónica En el Volcán Insurgente, 54, 47, 2018. Julio-septiembre, 2018. http://enelvolcan.com/ediciones/2018/54-julioseptiembre-2018/78-ediciones/054-julio-septiembre-2018/575-el-soslayo-de-un-legado-una-carga-acumulada-que-no-cesa-y-su-efecto-climatico-actual-y-futuro Recuperado 27 de mayo de 2019

Smith, M. R. y Myers, S. S. (2018) Impact of anthropogenic CO_2 emissions on global human nutrition. *Nature Climate Change*, 8, 834. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0253-3

Storlazzi, C. d. *et al*., (2018) Most atolls will be uninhabitable by the mid-21st century because of sea-level rise exacerbating wave-driven flooding. Science Advances, 4, eaap9741. http://advances.sciencemag.org/ Recuperado 27 de mayo de 2019

Teske, S. (2019) Achieving the Paris Climate Agreement Goals: Global and Regional 100% Renewable Energy Scenarios with Non-energy GHG Pathways for +1.5°C

and +2°C. https://s3.amazonaws.com/100-re/documents/AchievingTheParisClimateAgreementGoals-web.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

UN, (2018) Resolution A/C.3/73/L.30 Universal declaration on the rights of peasants and other people working in rural areas https://undocs.org/A/C.3/73/L.30 Recuperado 27 de mayo de 2019

UNEP, (2018) Emissions Gap Report 2018. November, 2018. http://www.unenvironment.org/emissionsgap Recuperado 27 de mayo de 2019

Wellcome Trust, sf. https://wellcome.ac.uk/what-we-do/our-work/our-planet-our-health Recuperado 27 de mayo de 2019

WRI, (2017) This Interactive Chart Explains World's Top 10 Emitters, and How They've Changed. https://www.wri.org/blog/2017/04/interactive-chart-explains-worlds-top-10-emitters-and-how-theyve-changed Recuperado 27 de mayo de 2019

Zhao, C. *et al.* (2017) Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114 (35) 9326. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1701762114 Recuperado 27 de mayo de 2019

Capítulo 21
El laboratorio climático de la modernidad insustentable.

José Clemente Rueda Abad y Claudia Tatiana Peña Ledón

Hoy dominamos la naturaleza en nuestra mera opinión, mientras estamos sometidos a su necesidad; pero **si nos dejásemos guiar por ella en su invención, entonces podríamos ser sus amos en la práctica"**

Francis Bacon, 1825

RESUMEN

El discurso científico y político del cambio climático desde el inicio de la década de los años 90 del siglo pasado han creado y moldeado a la opinión pública mundial sobre el mayor reto planetario que enfrenta la humanidad para el corto, mediano y largo plazo. Este discurso, ha creado y promueve, en el imaginario colectivo glocalizado, la imagen mental de un mundo social que, según los escenarios climáticos, está al borde del colapso sistémico antes de que finalice el presente siglo.

La batalla conceptual entre idea de la catástrofe versus la administración del riesgo socioclimático derivada de la elevación de la temperatura y la posibilidad de controlarla (convirtiendo al planeta en un laboratorio), se encuentra representada en la coyuntura de responder como humanidad de acuerdo a lo que dice la ciencia o bien caminar al ritmo de la diplomacia climática que se manifiesta cada año en la Conferencias de la Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y que en su última edición avanzó en la redacción de las reglas de operación del Acuerdo de París.

Palabras clave: modernidad insustentable; cambio climático global, laboratorio climático, Acuerdo de Paris; escenarios de clima.

ABSTRACT:

The scientific and political discourse of climate change since the beginning of the 90s of the last century has created and shaped the world public opinion on the greatest planetary challenge facing humanity for the short, medium and long term. This discourse has created and promotes, in the glocalized collective imaginary, the mental image of a social world that, according to the climatic scenarios, is on the verge of systemic collapse before the end of the present century.

The conceptual battle between the idea of catastrophe versus the management of socioclimatic risk derived from the temperature´s elevation and the possibility of controlling it (turning the planet into a laboratory), is represented in the situation of responding as humanity according to what science says or walk to the rhythm of climate diplomacy that manifests itself every year in the Conferences of the Parties of the United Nation Framework Convention on Climate Change and that in its latest edition advance in the drafting of the rules of operation of the Paris Agreement.

Keywords: unsustainable modernity; global climate change, climate laboratory, Paris Agreement; climate scenarios

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Secretario general de la ONU el cambio climático puede ser considerado como "la amenaza sistémica global más importante en relación con la economía global" por ello, es que éste debe ser controlado y evitar que ponga en riesgo la continuidad de la especie y, también, de los procesos económicos. Guterres, con el paso del tiempo, en su encargo en la ONU, se ha convertido en un actor comunicativo del cambio climático de primer orden que incluso en la pasada Conferencia de las Partes 24 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, (CMNUCC) no solo participó de la sesión de Alto Nivel, sino que fue un diplomático más en los procesos de negociación para hacer que dicha reunión diera resultados.

En el discurso de Guterres, es un buen ejemplo para identificar que el mensaje generado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha logrado sembrar en él, y en varios agentes más, los mensajes clave del Reporte Especial de la elevación de la temperatura del IPCC: la idea de que el tiempo se ha agotado y que queda hasta el 2040, como máximo, para implementar un cambio profundo y radical de la forma de hacer e implementar la descarbonización económica.

En un segundo momento, se revisa a algunos de los actores que han replicado el discurso del IPCC y la postura central de estos. Finalmente se considera que la idea de controlar la temperatura se debe tomar en cuenta como una estrategia a través de la cual se está convirtiendo al planeta en un laboratorio de alcance global, donde se encuentran presentes sólo dos alternativas: que se logre o que se falle. En ambos casos: los retos y los riesgos son la supervivencia de la especie.

Este capítulo concluye, entre otras cosas que la existencia de información científica, que se esté generando un proceso de opinión publica en pro de la implementación radical de acciones para la descarbonización económica, no son suficientes para echar a andar el laboratorio global climático porque para ello se requiere que las oligarquías dominantes a escala global se comprometan con la causa del sistema climático y dejen de observar un poco el sistema económico.

LOS MENSAJES CLAVE DEL REPORTE ESPECIAL DEL IPCC.

El cambio climático global, sostiene la tesis de que el mundo se encuentra en un proceso de transformación planetaria para el que incluso en algunos momentos la imaginación no es suficiente y este ha sido y será consecuencia de la alteración de una de las variables del sistema climático, que incluso en su obra postura el sociólogo alemán Ulrich Beck (2016) sostuvo que el mundo se encuentra en un proceso de metamorfosis y que el resultado será un planeta completamente diferente al que conocemos y que, por tanto, en este momento las sociedades no solo se encuentran en una etapa de cambio, sino una etapa gestacional para terminar siendo sociedades adaptadas a un clima radicalmente distinto al actual.

La alteración del balance termodinámico de la atmosfera ha sido inducida por la quema de combustibles fósiles y por el tipo de crecimiento económico que se ha expandido a todos los rincones de la Tierra devastando los recursos naturales actuales, sin pensar en las necesidades de las generaciones futuras. Incluso, se puede decir que esta alteración de los balances de la atmosfera se realizó, inicialmente de manera involuntaria, y, posteriormente, ha continuado por decisiones que priman la dimensión económica, sin ponderar las afectaciones sistemáticas.

En ese sentido, el pensamiento de la modernidad insustentable, (Leis, 2001) es que ésta no fue capaz de incorporar el cuidado del medio ambiente entre sus preocupaciones vitales y en este momento, cuando la crisis del sistema climático se ha vuelto evidente, a través de la comprobación científica del cambio climático, no se habla de modificar la visión y la relación de las sociedades antropocéntricas con el medio ambiente y sus entornos naturales, sino que las comunidades académicas especializadas y los tomadores de decisiones (la diplomacia climática) se han enfrascado en la idea de que es posible controlar la temperatura media del planeta en un umbral que, desde la 15ª Conferencia de las Partes de la CMNUCC (Rueda, 2018) y ratificado en al COP21, ha sido colocado en los 2°C o quizás menos, si se cuenta con la voluntad política para hacerlo, con lo cual el planeta se ha transformado en un laboratorio global donde la herramienta básica para lograrlo se ha denominado como descarbonización económica y ésta incluye al menos 3 grandes dimensiones de instrumentación: la transición energética, la geoingeniería para lograr la captura de carbono atmosférico y la eficiencia energética.

Como cualquier ensayo de laboratorio de carácter químico la idea descansa en una hipótesis que se encuentra sujeta a comprobación: si la excesiva concentración de gases de efecto invernadero ha modificado las características de la atmosfera entonces es necesario que estas emisiones se modifiquen a la baja en el menor tiempo posible para con ello poder controlar la elevación de la temperatura; es decir, se busca atacar el problema en su origen.

Esta idea, tiene solo dos resultados posibles: si se logra, la humanidad habrá encontrado la manera de controlar la temperatura del planeta (lo cual conlleva el riesgo de que se juegue con dicha variable a voluntad) y la segunda opción es que no se logre. En este segundo resultado las sociedades del planeta estarían obligadas a vivir en un cambio climático irreversible -que se ubicaría en lo que en la literatura científica se denomina como el punto de no retorno-(Aengenheyster et al., 2018); lo

cual, considerando los impactos adversos probables en todo el orbe, pondría en riesgo la habitabilidad del planeta para la especie humana así como la sobrevivencia de ésta. Por las características del problema, por su complejidad, por su alcance global y por el imperativo que supone que su solución no depende solamente de un país o potencia económica, sino que exige la concurrencia de todos los países, el cambio climático global puede considerarse como un *wicked problem*. (Australian Goverment, 2007 y Bell & Zheng, 2017)

Sin embargo, a pesar de ello,

> Las figuras públicas hablan y actúan como si el cambio ambiental fuera lineal y gradual. Pero los sistemas de la Tierra son muy complejos, y los sistemas complejos no responden a la presión de manera lineal. Cuando estos sistemas interactúan (debido a que la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre y las formas de vida del mundo no se sientan plácidamente dentro de las cajas que hacen que el estudio sea más conveniente), sus reacciones al cambio se vuelven altamente impredecibles. Pequeñas perturbaciones pueden ramificar salvajemente. Es probable que los puntos de inflexión permanezcan invisibles hasta que los hayamos superado. Podríamos ver cambios de estados tan bruscos y profundos que no se puede asumir una continuidad segura. (Monbiot, 2018)

En la COP21, donde se dio a conocer el Acuerdo de Paris, y en conocimiento de *global stockage* de las Intenciones de Contribuciones Nacionalmente Determinadas (INDC, por sus siglas en inglés) enviadas previamente a la realización de la Cumbre Mundial del clima del 2015, la comunidad científica y la diplomacia climática sabían que el conjunto de compromisos voluntarios no eran suficientes para garantizar la cantidad de reducción de emisiones que garantizaran que la elevación de la temperatura podría quedar en el rango de los 2°C (situación que ya había sido advertida un año antes por el Quinto Reporte de Evaluación del IPCC) razón por la que una de las Decisiones de la Conferencia fue solicitarle que realizará un estudio (reporte) específico que diferenciará las ventajas de lograr estabilizar la temperatura en 2°C y/o preferentemente en 1.5°C. (Rueda, Gay y Quintana, 2016)

Este reporte fue finalmente presentado el 8 de octubre de 2018 en Incheon, Corea de Sur, y señala, lo que podría considerarse como una hipótesis suficiente[1] porque parte del supuesto de que es mejor una elevación de la temperatura de 1.5°C que una elevación a 2°C.

En ese sentido, corrobora, lo que sabe desde el Cuarto Reporte de Evaluación, que el calentamiento global es una situación científicamente inequívoca y que el cambio climático, consecuencia de ello, es de carácter antropogénico. Este Reporte especial del IPCC, como sucede desde el 2007, no dice que el cambio climático pueda ser rechazado, sino que este puede ser considerado como una realidad actual y futura.

Para ello, es que basándose en los datos disponibles y haciendo uso de la mejor ciencia existente al momento señala que los escenarios climáticos están estrechamente vinculados a la intensidad energética y a la generación de gases de efecto invernadero y todas las generaciones de modelos climáticos y todos los modelos usados indican dos

1 La existencia de una variable es condición suficiente para que se produzcan efectos en la variable dependiente.

cosa muy claras: la elevación de la temperatura se está incrementado y el régimen pluvial se está modificando.

De hecho, la documentación de los impactos reseñados a lo largo de los 5 capítulos que forman este reporte reivindica lo que ya se sabía de ellos desde el Cuarto Reporte de Evaluación. Los escenarios de impacto probable en el ámbito sectorial se muestran en el mismo sentido de los Reportes de Evaluación generados por el IPCC en 2007 y el 2013-2014.

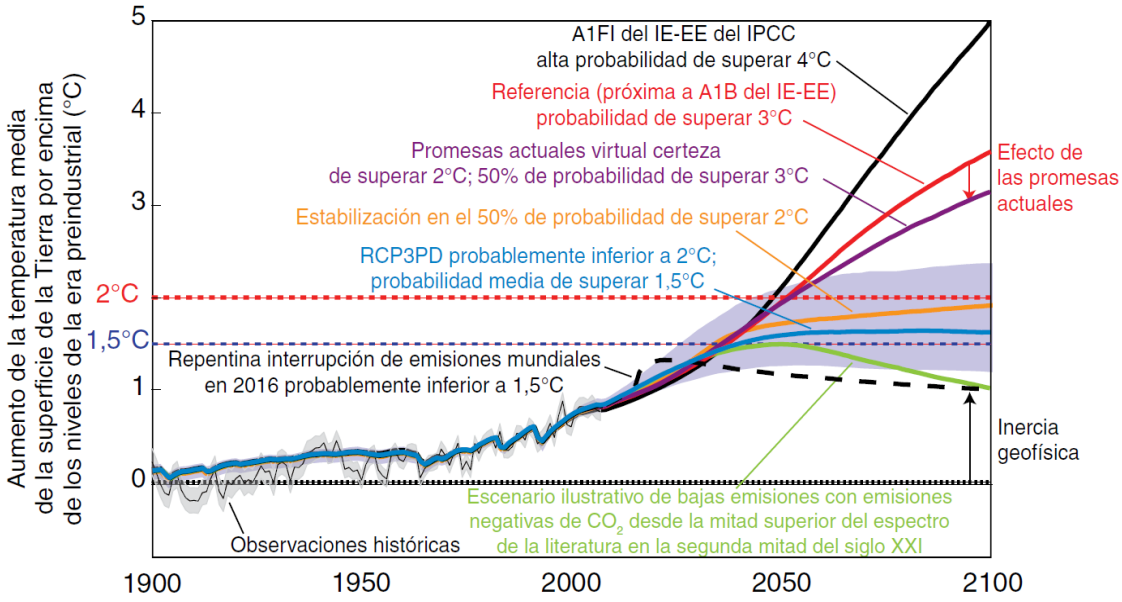
Es por ello, que puede considerarse que el mensaje central del Reporte es el que tiene que ver con la temporalidad de los escenarios climáticos, que en este caso señalan que el mundo estará llegando a 1.5°C de la elevación de la temperatura media global para el año 2040. En ese sentido, este es uno de los elementos más importante del Reporte, ya que el límite de temperatura establecido por la CMNUCC, dice el IPCC, está más cerca que nunca:

> Las actividades humanas causaron aproximadamente 1°C del calentamiento global por encima de los niveles preindustriales [...] Es probable que el calentamiento global alcance 1.5°C entre 2030 y 2052 si continúa aumentando al ritmo actual. (Alta confianza) […] El calentamiento global antropogénico estimado actualmente aumenta a 0.2°C (probablemente entre 0.1 ° C y 0.3 ° C) por década debido a las emisiones pasadas y actuales (alta confianza). (IPCC, 2018b:4)

Normalmente, lo que se hace para la presentación de este tipo de resultados es que se grafican mapas con cortes (escalas) de tiempo que pueden ser ubicados de manera arbitraria, pero lo que sucede en la literatura especializada y en la literatura gris es que se aplica una especie de estandarización de las fechas y lo que sucede es que se presentan líneas de tendencia de incremento de la temperatura en el eje de "Y" y en el eje de las "X" se colocan rangos de fecha que se aplican como cortes de elevación de la temperatura para el año 2050, el 2070 o 2080 y 2090 o 2100 y evidentemente en el transcurrir del tiempo se puede ir leyendo como se va modificando la temperatura en grado por grado o bien en escalas de tiempo. A manera de ejemplo en los escenarios que han sido publicados previamente por el Banco Mundial (Ver Figura 1) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Ver Figura 2) se esperan incrementos en la elevación de la temperatura cercanos a los 5°C para finales del presente siglo.

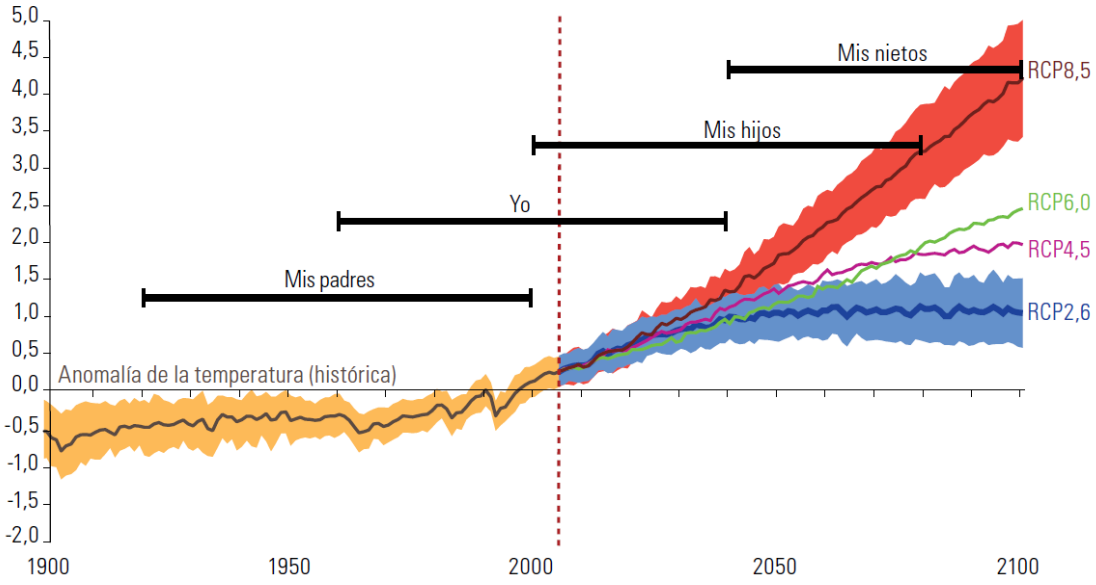
Como se ha mencionado, esta identificación del umbral del tiempo, sin duda ha sido el que más ha llamado la atención porque el mensaje se ha centrado en señalar que el tiempo para vivir en un planeta con una elevación de temperatura controlada (a voluntad por el hombre) se le está agotando las posibilidades.

Figura 1. Escenarios de la elevación de la temperatura de acuerdo al Banco Mundial



Fuente: Banco Mundial, 2012:2

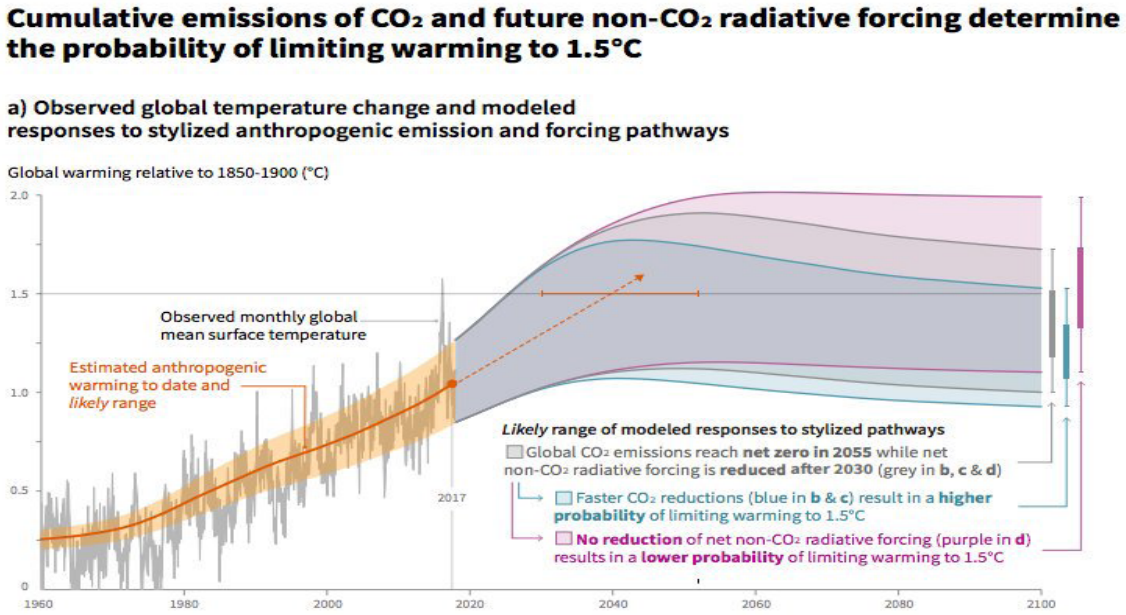
Figura 2. Anomalía de la temperatura superficial anual en el mundo, 1900-2100, respecto del promedio 1986-2005 (en °C)



Fuente: CEPAL, 2018:27

Incluso como elemento reforzador de la hipótesis suficiente (o viéndolo como fenómeno de venta y propaganda) para vender la idea de la gravedad del problema y la determinación para tomar una ruta de acción se señalan el conjunto de impactos adversos probables que evidentemente serían mayores con 2°C que con 1.5°C. (Ver Figuras 3 y 4)

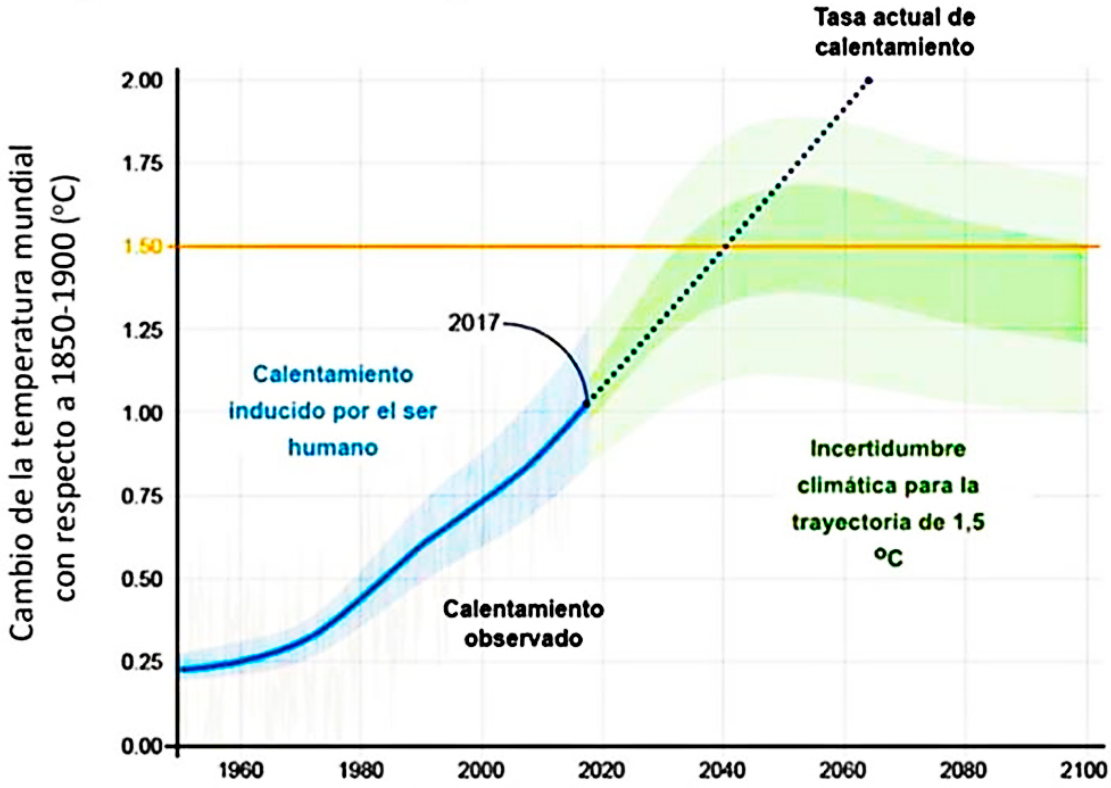
Figura 3. Las emisiones acumulativas de CO2 y el forzamiento radiativo futuro sin CO2 determinan la probabilidad de limitar el calentamiento a 1.5°C



Fuente IPCC, 2018:8

El punto de vista que debe sostenerse es que en esta identificación del umbral de tiempo para la elevación de la temperatura en 1.5°C señala que el IPCC se encargó de legitimar científicamente una decisión política tomada no solo en París, sino desde Copenhague (2009). Es pertinente aclarar que no se está desestimando el esfuerzo del IPCC, sino que se quiere puntualizar que el manejo de escenarios de clima y la lectura de los mismos necesariamente recorren la ruta del grado por grado y diferentes cortes de tiempo y eso no se ha modificado desde hace años. Entonces, la sensación de urgencia y el mensaje de que el mundo está caminando hacia la catástrofe y el desastre sino se actúa en el sentido que menciona el IPCC no deberían impactar necesariamente en ese mismo sentido en la comunidad científica que se ha encargado de realizar este tipo de estudios y que al mismo tiempo se encuentra ocupada en el análisis de diversos procesos sociales y políticos que ayuden a modificar los escenarios de futuro.

Figura 4. Que tan cerca estamos de 1.5 ° C



Fuente: Allen et al., 2018:82

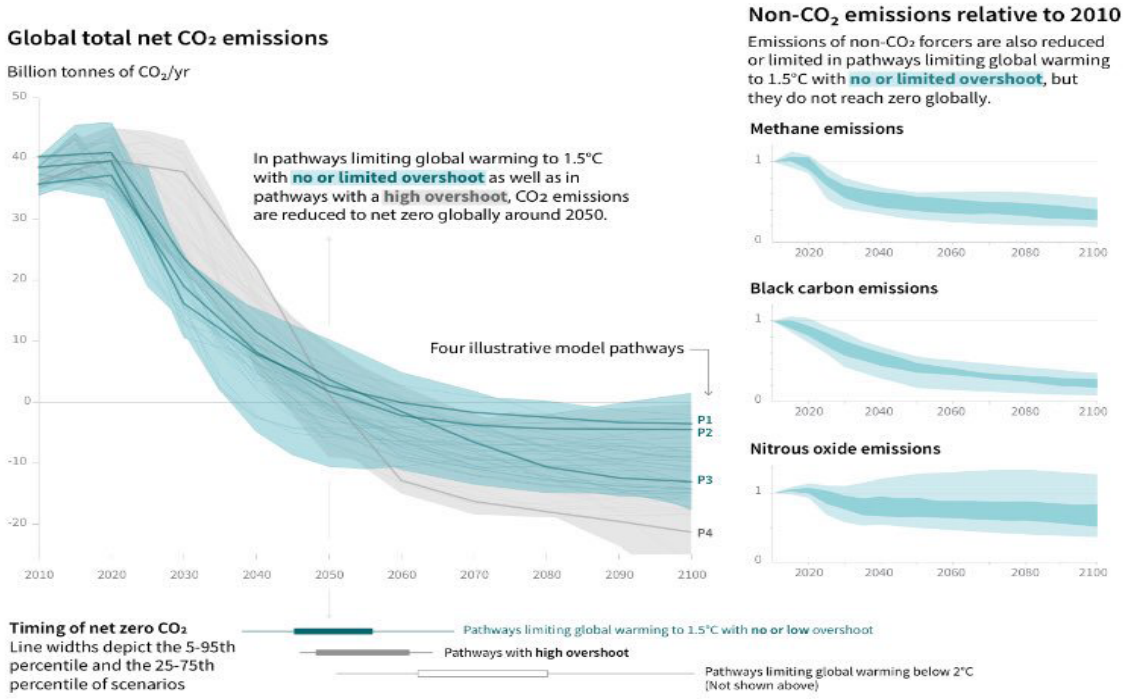
Otro de los mensajes clave del IPCC tiene que ver con la intensidad de la reducción de las emisiones de GEI. Las emisiones de dióxido de carbono (CO2) tendrían que reducirse fuertemente, llegando a cero netas (balance entre las emisiones y captura del CO2) en alrededor de 2050. (Ver Figura 5) Para el 2050, las energías renovables deberían suministrar entre la mitad y las dos terceras partes de la energía primaria, mientras que el carbón debería caer al 1-7%. Incluso entonces, se tendría que eliminar el CO2 del aire para compensar las emisiones restantes.

Esto requeriría una mayor ambición colectiva, que la actualmente lograda por el Acuerdo de París. Cuanto antes se reduzcan las emisiones, más opciones tenemos disponibles. Las metas a conseguir de acuerdo al IPCC deben movilizarse en el sentido siguiente:

> En el modelo de vías sin excedentes o con una superación limitada de 1,5 ° C, las emisiones antropógenas netas globales de CO2 disminuyen en aproximadamente un 45% con respecto a los niveles de 2010 para 2030 (rango intercuartil 40–60%), alcanzando un cero neto en torno a 2050 (rango intercuartil 2045–2055). Para limitar el calentamiento global a menos de 2 ° C, se proyecta que las emisiones de CO2 disminuyan aproximadamente un 20% para 2030 en la mayoría de las vías (10–30% del rango intercuartil) y alcancen un cero neto alrededor de 2075 (2065–2080 rango intercuartil). Las emisiones que no son de CO2 en las rutas que limitan el calentamiento global a 1.5 ° C muestran reducciones profundas que son similares a las de las rutas que limitan el calentamiento a 2 ° C. […] Las vías modeladas que limitan el calentamiento global a 1.5 ° C sin excedentes o

limitados implican profundas reducciones en las emisiones de metano y carbono negro (35% o más de ambas en 2050 con respecto a 2010). (IPCC, 2018:14)

Figura 5. Emisiones globales de CO2 actuales y proyectadas



Fuente: IPCC, 2018b:15

En términos concretos, de acuerdo con la información del IPCC, y viendo las cosas solo desde el ámbito técnico, científico y considerando la lógica de la física, puede afirmarse que limitar el calentamiento es físicamente posible, pero para ello se requiere de una profunda transformación en lo que se refiere al consumo de energía y la generación de GEI, pero al mismo se obliga a que se cuiden diversos aspectos tales como: la eficiencia energética, el consumo de energía en las industrias, el sistema urbano y la infraestructura, la movilidad, así como evitar el cambio en el uso de suelo y fomentar la conservación de los recursos forestales ya existentes.

> En las rutas de 1,5 ° C sin excedentes o limitadas, se proyecta que las fuentes de energía de baja emisión tengan una mayor participación, en comparación con las rutas de 2 ° C, particularmente antes de 2050. En vías de 1,5 ° C sin excedentes o limitadas, se proyecta que las renovables suministrarán 70–85% (rango intercuartil) de electricidad en 2050. Si bien reconocen los desafíos y las diferencias entre las opciones y las circunstancias nacionales, la viabilidad política, económica, social y técnica de la energía solar, la energía eólica y las tecnologías de almacenamiento de electricidad han mejorado sustancialmente en los últimos años. Estas mejoras señalan una potencial transición del sistema en la generación de electricidad. (IPCC, 2018:17)

Otro elemento novedoso, es que el IPCC incorpora elementos como la gobernanza multinivel, y analiza la participación de actores que no son considerados como gobiernos nacionales en los procesos de implementación de esquemas de reducción de emisiones, en lo específicos se menciona a los gobiernos subnacionales y al sector empresarial, con lo cual el IPCC amplía sus actores analizados, pero además corresponde con las estrategias de acción de la COP21.

LOS REPLICADORES EL MENSAJE Y LAS PRINCIPALES REACCIONES

El IPCC, puede ser considerado como una fuente de información que cuenta con el prestigio suficiente para ser considerado como un emisor/codificador de un mensaje que es altamente relevante y que además cuenta con el aval de la comunidad científica que le integra, así como de los gobiernos que le financian sus actividades. Incluso, ya se ha hecho acreedor en el año de 2007, junto con Al Gore, del Premio Nobel de la Paz, lo cual puede decirse que al IPCC no le faltan credenciales para ser un actor relevante en el espacio público y al mismo tiempo ser parte de los generadores y formadores de opinión publica de todo el mundo en esta materia.

El mensaje central del IPCC es el que se vincula precisamente con la catástrofe asociada al tiempo en que habrán de comenzar a sentirse los impactos del clima futuro y la idea de que se agotan las posibilidades para implementar un cambio social de escala planetaria en apenas una década más, o bien, ante la advertencia científica y la inacción colectiva, comenzar a preparar los escenarios de desastre.

Esta parte del mensaje y sus replicadores, desde el ámbito de la comunicación pueden ser revisados como un modelo de tuba, donde existe solamente una fuente que emite un mensaje y a las vez se pueden identificar un conjunto de actores que decodifican el mensaje, posteriormente crean un nuevo mensaje para sus públicos específicos y éste es enviado al espacio público nuevamente codificado, pero sin perder su sentido original. En otras palabras, el modelo de tuba nos ayuda a entender que existe un ejercicio de actores que son usados como repetidores del mensaje, sin que necesariamente se incorporen procesos analíticos al respecto del contenido original. Al final del día, este método de comunicación serviría para crear lo que en el ámbito de la comunicación se denomina como espiral del silencio y que puede sintetizarse como una corriente de opinión dominante que busca acallar, por el número de actores comunicativos y sus mensajes en el espacio público, a las voces discordantes con el sentido y significado creado desde el mismo sistema comunicativo hegemónico.

En esa lógica, ya se ha dicho que la fuente original del mensaje es el IPCC a través de la presentación del Reporte Especial de elevación de la temperatura y solo por citar a algunos de los principales repetidores del mensaje se pueden mencionar: Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2018) el Club de Roma (2018), *National Geographic* (2018) CMNUCC (2018); Wikipedia (2018); *The Heinrich Böll Foundation's* (2018); *World Resources Institute*, (2018); Forbes (2018) y *Poseidon Project* (2018) ellos han generados documentos específicos en muy corto tiempo (entre la preentacion del Informe y la realización de la COP24). En este sentido, los medios de comunicación masiva tradicional y en formato digital también han hecho difusión del mensaje

catastrófico creado por el discurso del IPCC. Un ejemplo del tipo de visión que se tiene en el mundo fue publicado en noviembre pasado en el periódico británico *The Guardian*, en el que se señala que ante el problema y el reto del clima futuro

> Se deben realizar dos tareas simultáneamente: lanzarnos a la posibilidad de evitar el colapso, como lo está haciendo la *Extinction Rebellion*, aunque pueda surgir esta posibilidad; y preparándonos para el probable fracaso de estos esfuerzos, por aterradora que sea esta perspectiva. Ambas tareas requieren una revisión completa de nuestra relación con el planeta vivo. (Monbiot, 2018)

Este tipo de conceptos también aparecieron en el proceso de negociación de la COP24, realizada en diciembre de 2018 en Katowice, Polonia, en donde la diplomacia climática se enfrasco en el debate no solo de dar la bienvenida al documento preparado por el IPCC, sino de modificar los niveles de ambición de cada uno de los países para lograr que el nivel de descarbonización se encuentre dentro de los rangos que se señalan en el Informe Especial de elevación de la temperatura para, de alguna manera garantizar, que la búsqueda de la meta pueda cumplirse y con ello se garantizara cuando menos desde el ámbito multilateral (que es donde se definió el rango de elevación de la temperatura). Eso motivo que la Coalición por la Gran Ambición (que es un grupo no formal de negociación en la COP reapareciera luego de meses de ausencia ya que la última ocasión que esta Coalición se manifestó fue durante la negociación del Acuerdo de París en el año 2015) (HAC, 2018a). No obstante, dicha propuesta no prosperó y el nivel de ambición en la reducción de emisiones será uno de los temas que se tratarán en la sesión anual de la ONU, en el mes de septiembre de 2019 (HAC, 2018b y CMNUCC, 2019)

Desde el ámbito de la sociedad civil, en la misma COP24, adquirió relevancia la presencia y el mensaje de Greta Thunberg a quien le permitieron hacer uso de la palabra en el segmento de Alto Nivel, por lo que se transformó en el icono del discurso crítico de los jóvenes ante las acciones y posturas de los negociadores climáticos), que les dijo a los diplomáticos climáticos que:

> Vosotros solo habláis de crecimiento económico verde eterno, porque tenéis demasiado miedo de ser impopulares. Solo habláis de moverse hacia adelante con *las mismas malas ideas que nos han metido en este desastre*. Incluso cuando lo más sensato es tirar del freno de emergencia. No sois lo suficientemente maduros para decir las cosas como son: *nuestra civilización está siendo sacrificada para que unas pocas tengan la oportunidad de seguir haciendo grandes cantidades de dinero.* Nuestra biosfera está siendo sacrificada para que la gente rica de países como el mío (Suecia) pueda vivir de lujo. *Es el sufrimiento de muchos el que paga los lujos de pocos.*
>
> En el año 2078 celebrare mi 75 cumpleaños. Si tengo hijos (as) quizá pasen ese día conmigo, quizá me pregunten sobre vosotros (as); quizá me pregunten por qué no hicisteis nada mientras aún había tiempo para actuar. Decís que amáis a vuestros hijos sobre todas las cosas. Y sin embargo, les robáis su futuro enfrente de sus propios ojos.
>
> Hasta que no empecéis a focalizar entre *lo que es necesario hacer en vez de lo que es políticamente posible,* no habrá esperanza.
>
> *No podemos resolver una crisis sin tratarla como una crisis.*

> Y si las soluciones dentro del sistema son imposibles de encontrar, quizás deberíamos cambiar el sistema.
>
> No hemos venido aquí a rogar a los líderes mundiales que se preocupen. Nos habéis ignorado en el pasado y nos ignoráis otra vez. Os habéis quedado sin excusas y **nos estamos quedando sin tiempo**. Hemos venido aquí para hacerles saber que el cambio está llegando os guste o no.
>
> **El poder real pertenece al pueblo**. (Rigitano, 2018) (Las cursivas y las negritas son propias)

Valiéndose de la fama de Greta Thunberg el Foro Económico Mundial que se celebró en enero de 2019, también le abrió sus puertas, para con ello validar la postura crítica de la sociedad civil respecto al tema de cambio climático. En dicho espacio, el mensaje central fue básicamente el mismo, pero transmite no solo la prisa por actuar, sino que buscó espantar a sus interlocutores:

> Sí, estamos fallando, pero todavía hay tiempo para cambiar todo. Todavía podemos arreglar esto. Todavía tenemos todo en nuestras propias manos. Pero a menos que reconozcamos las fallas generales de nuestros sistemas actuales, lo más probable es que no tengamos una oportunidad. […] Y dado que la crisis climática nunca ha sido tratada como una crisis, las personas simplemente no están conscientes de la totalidad de las consecuencias en nuestra vida cotidiana. Estamos en un momento de la historia en el que todos los que tienen una idea de la crisis climática que amenaza a nuestra civilización, y a toda la biosfera, deben hablar en un lenguaje claro, sin importar lo incómodo y no rentable que sea. […] Los adultos siguen diciendo: "se lo debemos a los jóvenes para darles esperanza". Pero no quiero su esperanza. No quiero que sean optimistas. Quiero que se asusten. Quiero que sientan el miedo que siento todos los días. Y luego quiero que actúen. […] Quiero que actúen como lo harían en una crisis. Quiero que actúen como si nuestra casa estuviera en llamas. Porque lo está. (Thunberg, 2019)

Por otro lado, un elemento que debe tomarse en consideración es que los productos generados por el IPCC, cuenta con algunas características básicas:

> El IPCC no realiza investigación propia, ni monitoreo de datos u otros parámetros relevantes, se basa en datos de publicaciones científicas y técnicas arbitradas y generadas durante el periodo de evaluación correspondiente. El objetivo es tomar en cuenta todas las publicaciones disponibles a nivel regional, subregional y local. […] Los informes del IPCC presentan de manera objetiva información relevante para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas, pero **de ninguna manera pueden prescribir ciertas vías políticas** o reflejar preferencias en este sentido. (Ivanova, 2015:40) (Las negritas son propias)

Lo cual supone, que en dado caso de que se hubieran incorporado (como fue el caso de la COP24) o se modifiquen las cantidades de emisiones comprometidas por los países en un proceso de negociación especifica (como será la reunión de la ONU en septiembre de 2019) para lograr que las recomendaciones publicadas por el IPCC se incorporen como parte de las decisiones del proceso, entonces la idea de la neutralidad política del organismo académico tendría que ser puesta en duda.

De hecho, la única manera en que esta característica puede mantenerse intacta es que a la luz de la revisión de las NDC (programada para el año 2023) cada uno de los países comprometa una cantidad de reducción de emisiones en el sentido de la publicación del IPCC, pero no como parte de un proceso de negociación, sino como una decisión libre, autónoma y nacionalmente determinada.

EL PLANETA COMO LABORATORIO DEL PROYECTO DE LA MODERNIDAD

El problema del cambio climático actualmente es que su discusión ya no se centra en el análisis de las causas, tampoco se trata de los motivos que hacen prever que el futuro de la humanidad se encuentre en riesgo (porque la mitigación no se realiza en los niveles que la ciencia recomienda) y que por ello se esté buscando la gestión de riesgo de desastres climáticos (IPCC, 2012) para lograr al menos dos cosas: controlar el umbral de temperatura y que se implementen acciones de adaptación social.

En el ámbito de la adaptación social, se podría partir de la premisa de que esta se realiza siempre en escala local; y que al momento, este tipo de procesos, planificados o no, han servido para que la especie humana continúe con su presencia en todos los ecosistemas del orbe. En ese sentido el reto es que

> Incluso si el mundo cumple con el objetivo del acuerdo climático de París de limitar el aumento de la temperatura global a 2º centígrados en relación con los niveles preindustriales, la adaptación seguirá siendo crítica, porque los climas extremos son ahora la nueva normalidad. (Verkooijen, 2018)

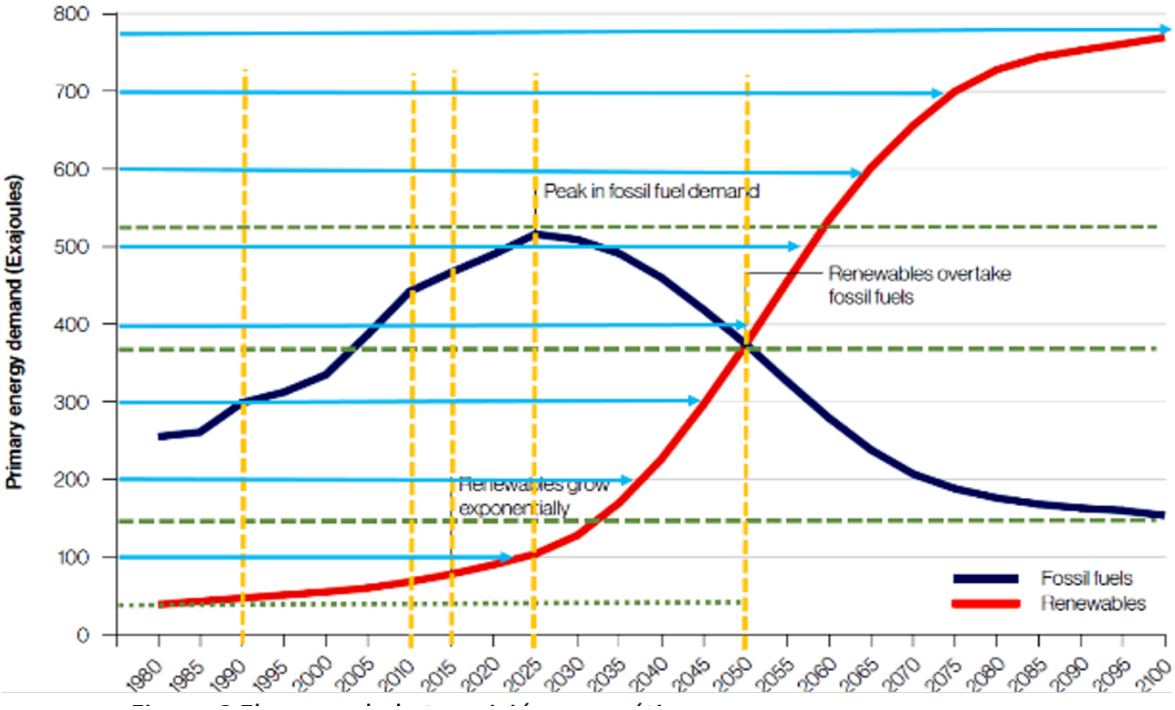
Otro reto en este laboratorio global climático es que la descarbonización económica puede no realizarse a tiempo; ya que como muestra la Figura 6, se tiene previsto que la modificación del mix energético mundial se acelere a partir del año 2050, sin embargo, los riesgos estriban en que, como se observa en las Figuras 3 y 4, para ese momento la temperatura media global del 1.5°C ya habría sido rebasada. Incluso, la Figura 6 muestra el supuesto del pico máximo de las energías convencionales, el cual de acuerdo a los datos analizados y presentados por la Agencia Internacional de Energías Renovables está proyectado para que suceda en el año 2025. Por ello, la generación de energía basada en energías renovables tendría que incrementarse para que en dos décadas y media ésta pase de 100 exajoules a aproximadamente 380. Sin embargo, lo que no nos dice la gráfica es que esta transición energética tendrá costos económicos y la generación de conflictos geopolíticos entre los países petroleros y aquellos que se están posicionándose en el ámbito de las energías alternativas. En ese sentido, la meta de controlar la temperatura en 2°C se traducirá en pérdidas económicas en muchos de los países petroleros del mundo.

Los impactos económicos de la transición energética se moverían en escenarios como los siguientes:

> En el escenario de 2°C, los mercados de combustibles fósiles se reducen sustancialmente y los precios caen abruptamente entre 2020 y 2030, un escenario potencialmente desastroso con pérdidas sustanciales de riqueza para los propietarios de activos (inversionistas, compañías) pero no para los países consumidores. Este resultado destaca las importantes

implicaciones estratégicas de la descarbonización para la UE (Unión Europea), China e India (consumidores) en comparación con los Estados Unidos, Canadá o Rusia (productores). […] Se adoptan las expectativas, las políticas para alcanzar el objetivo de 2°C y los productores de bajo costo agotan sus activos, luego aproximadamente US$12 billones (en dólares estadounidenses de 2016, lo que equivale a un valor presente de US$4 billones cuando se descuentan con un 10% (tasa corporativa) de valor financiero podría desaparecer de sus balances a nivel mundial en forma de activos varados. (Mercure et al., 2018)

Figura 6. El marco de la transición energética



Fuente: Editado a partir de IRENA, 2019:17

La idea del control de la temperatura se mueve bajo una premisa: hacer que el cambio climático no se transforme en algo abrupto y de esa manera se pueda garantizar que la existencia humana se pueda desarrollar en un clima más caliente, pero que éste no termine siendo fatal para la especie humana. Incluso se puede considerar que el cambio climático es el "riesgo sistémico más importante para el futuro cercano." (Guterres, 2019)

Incluso

El cambio climático está demostrando ser peor de lo que los científicos habían previsto, y todos los últimos indicadores lo demuestran. Nos estamos moviendo dramáticamente hacia un cambio climático fuera de control si no somos capaces de detenerlo y, al mismo tiempo, veo que la voluntad política se está desacelerando. Esto es cuando la tecnología está de nuestro lado y vemos, cada vez más, a la *comunidad empresarial lista para responder de manera positiva*, y *la sociedad civil está cada vez más comprometida*, pero la voluntad política sigue siendo muy lenta. (Guterres, 2019)

Sin embargo, para que el laboratorio climático global funcione no solo se requiere de la existencia de datos científicos que apunten sobre los riesgos de que el mundo llegue a una temperatura más allá de lo que ha sido políticamente decidido en las COPs y hacia finales del presente siglo se vean temperaturas que rebasen el 4°C. (Ver Figuras 1 y 2) tampoco es suficiente que exista un Libro de Reglas del Acuerdo de París, el problema para que funcione es político porque las elites "se benefician de la disfunción social, bloquean las soluciones necesarias. El control oligárquico de la riqueza, la política, los medios de comunicación y el discurso público explica el fracaso institucional integral que nos empuja ahora hacia el desastre". (Monbiot, 2018)

CONCLUSIONES

La existencia del cambio climático fue comprobada por el IPCC a través de su Cuarto Reporte de Evaluación y fue publicado en el año de 2007, ya desde aquel momento, la comunidad científica señalaba que éste era consecuencia de las actividades humanas, que los impactos adversos probables tendrían lugar en todo el planeta, pero también que los esfuerzos realizados en la mitigación de GEI no eran lo suficientemente agresivos como para poder suponer que los escenarios climáticos pudieran modificarse.

La discusión sobre cuántos grados se incrementaría la temperatura oscilaban en rangos de incertidumbre muy amplios que iban desde el 1.4°C hasta los 5.4°C, incluso diferentes organismos como el Banco Mundial generaron estudios con dichos umbrales de temperatura, para posteriormente señalar la importancia de que la comunidad internacional debería implementar una mayor cantidad de esfuerzos en la reducción de emisiones. La idea de fondo en todo momento, cuando menos desde el discurso, se ha manejado la posibilidad de que la temperatura no llegue a un límite en el cual se transforme en un factor de riesgo para la especie humana. Dicho en otros términos, el sistema político multilateral y los Estados que participan en él han fomentado la idea de controlar las emisiones de GEI -que han modificado la estabilidad climática- para de esa manera poder controlar la temperatura, haciendo del planeta un laboratorio climático global en el que se sabe que ya existen forzantes radiativos (GEI) que han sido colocados en la atmosfera desde la Revolución Industrial.

Esta lógica del control de la temperatura y la temporalidad para lograrlo, son dos de los elementos centrales del Reporte Especial publicado por el IPCC en octubre de 2018. En donde llama la atención que el espacio público mundial se haya llenado de un discurso alarmista –cuando la posibilidad de que se rebasara el 1.5°C o los 2°C forman parte del Quinto Reporte de Evaluación y ya se señalaba que era una meta muy complicada de lograr- porque el IPCC ha señalado como fecha de no retorno el año 2040. Esta sensación prisa y urgencia generada por el Reporte del IPCC es realmente novedoso y un acierto en la eficacia comunicativa del mensaje climático e incluso es necesario señalar que el IPCC no había logrado crear un mensaje tan fuerte, preciso, claro y contundente en todo el proceso de presentaciones de todos sus Reportes de Evaluación (en 1991 se presentó el Primer Reporte del IPCC) por lo que el contenido de estos se había vuelto repetitivo y poco trascendente porque básicamente decían siempre lo mismo: que la Tierra se está calentando, que esta es consecuencia de las actividades humanas y que aunque sus impactos serán diferenciados estos sucederán

en todo el mundo.

Sin embargo, a pesar del mensaje, que evidentemente es un llamado a la acción colectiva global -porque se trata de un problema común y que deberá ser atacado en la escala de lo local, partiendo de un conjunto de decisiones originadas desde el ámbito multilateral-, no necesariamente podrá implementarse rápidamente sobre todo porque la descarbonización económica implica la realización de un conjunto de acciones que están fuera del ámbito de la sociedad civil porque contienen componentes de carácter económico y geopolítico de los actores involucrados en la generación de energías convencionales que habrán de tener grandes pérdidas económicas y, en consecuencia, buscarán que sus ganancias se mantengan (sin importar el impacto ambiental y climático).

Es ahí, donde el mensaje del IPCC pierde fuerza; porque sus Reportes no son prescriptivos y tampoco sugieren, ni recomiendan políticas publicas específicas a ninguno de los actores involucrados en el proceso de la descarbonización económica.

Esto significa, que los actores sociales verán mermadas sus posibilidades de incidencia en la implementación de acciones climáticas, generando posturas y discursos como el de la activista sueca Greta Thunberg, que si bien son una muestra del descontento social hacia la diplomacia climática y sus resultados, también es cierto que no muestran opciones de implementación colectiva.

Incluso a pesar de que este tipo de actores comunicativos generen mensajes claros, sencillos y lógicos, habría que preguntarse, no sobre la autenticidad de su discurso, sino de si ellos (los agentes comunicativos como la joven sueca) no están siendo utilizados por los mismos actores que promueven la descarbonización económica para ser una pieza en el juego de la política internacional y legitimar la crítica hacia aquellos actores que se muestran contrarios al cambio climático.

Para que el discurso del IPCC se transforme en acciones claras y contundentes, se requerirá de procesos de negociación con los actores que serán económicamente afectados. Incluso, se puede pensar en que propuestas como la de *Extinction Rebellion* pueden operar como mecanismos de presión social hacia este grupo de empresarios que representan a la oligarquía que comanda al mundo y cuya visión de éste (empresarial y propia de la narrativa de la modernidad insustentable) no coincide con las necesidades climáticas y ambientales del laboratorio climático global en que se ha transformado al planeta.

FUENTES DE CONSULTA

Aengenheyster, Matthias; Qing Yi Feng, Frederick van der Ploeg and Henk A. Dijkstra (2018) The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance, Earth Syst. Dynam., 9, 1085–1095, 2018 https://doi.org/10.5194/esd-9-1085-2018

Allen, M. R. O. P. Dube, W. Solecki, F. Aragon–Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, K.

Zickfeld, 2018, Framing and Context. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press. Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15_Chapter1_Low_Res.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Australian Goverment (2007) Tackling wicked problems. A public policy perspective, Australian Public Service Commission /Commonwealth of Australia, Australia, 15p.

Bacon, Francis In Praise of knowledge. Miscellaneous Tracts Upon Human Philosophy in The Works of Francis Bacon, Ed Basil Montagu, London, 1825. Vol. I pp.254

Banco Mundial (2012) Bajemos la temperatura Por qué se debe evitar un planeta 4°C más cálido, Resumen ejecutivo, Washington, USA, Banco Mundial, 11p.

Beck, Ulrich (2016) The metamorphosis of the world, Politiy Press, Cambridge, United Kingdom, 223p.

Bell, WP. Zheng X (2017) Inclusive growth and climate change adaptation and mitigation in Australia and China. Removing barriers to solving wicked problems, The University of Queensland, Brisbane, Australia, 139p.

CEPAL, (2018) La ineficiencia de la desigualdad, 2018 (LC/SES.37/3-P), CEPAL, Santiago, Chile, 268p.

CMNUCC (2018) IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 °C, disponible en https://unfccc.int/topics/science/workstreams/cooperation-with-the-ipcc/ipcc-special-report-on-global-warming-of-15-degc Consultado: 27 de mayo de 2019

CMNUCC (2019) Invitation to Provide Feedback to The High-Level Champions on Global Climate Action, disponible en https://unfccc.int/climate-action/marrakech-partnership/invitation-to-provide-feedback-to-the-high-level-champions-on-global-climate-action Consultado: 27 de mayo de 2019

Forbes (2018) The Most Important Takeaway In The New 'Climate Change Deadline' Report Is Hidden In The Background, Eric Mack (contributor) disponible en https://www.forbes.com/sites/ericmack/2018/10/08/the-most-important-takeaway-in-the-new-climate-change-deadline-report-is-hidden-in-the-background/#566f082664ae

Guterres, Antonio (2019) UN Secretary-General's Davos speech, disponible en https://www.weforum.org/agenda/2019/01/these-are-the-global-priorities-and-

risks-for-the-future-according-to-antonio-guterres/ Consultado: 27 de mayo de 2019

HAC (2018a) Statement on stepping up climate ambition, Press statement 12 December 2018, disponible en https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/news/20181211_statement_en.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

HAC (2018b) Statement on stepping up climate ambition, Press statement 12 December 2018, The Statement on stepping Up cimate ambition remains open for countries and non-party stakeholders to support disponible en https://twitter.com/HACoalition/status/1073682492962603008 Consultado: 27 de mayo de 2019

IPCC, (2012) Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas. Informe de los Grupos de trabajo I y II del IPCC, IPCC, Ginebra, Suiza, 32p. disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

IPCC, (2018): Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp. Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

IRENA (2019) A new world. The geopolitics of the energy transformation. IRENA/ Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation, Abu Dhabi, disponible en http://geopoliticsofrenewables.org/assets/geopolitics/Reports/wp-content/uploads/2019/01/Global_commission_renewable_energy_2019.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Ivanova Boncheva Antonina (2015) El buró del panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) frente al quinto informe evaluativo: retos y logros. Aportaciones de México en Cruz Núñez, Xóchitl; Gian Carlo Delgado Ramos, Úrsula Oswald Spring (coordinadores). (2015) México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad, México, UNAM/ Centro de Investigaciones Interdisciplinarias/ Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias en Ciencias y Humanidades/ Programa de Investigación en Cambio Climático, Primera edición. 350 páginas. – (Colección alternativas), pp. 39-55

Leis, Héctor Ricardo (2001) La modernidad insustentable. Las críticas del ambientalismo a la sociedad contemporánea, Editorial Nordan-Comunidad/ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-México, 222p.

Mercure, J.F., et al., (2018) Macroeconomic impact of stranded fossil fuel assets. Nature Climate Change, https://doi.org/10.1038/s41558-018-0182-1

Monbiot, George (2018) The Earth is in a death spiral. It will take radical action to save us, The Guardian, London, UK disponible en https://www.theguardian.com/commentisfree/2018/nov/14/earth-death-spiral-radical-action-climate-breakdown?fbclid=IwAR2ImidXSM76h-7zxbYbF0dO-OHQ0eyKD2ZChj55JewvLj97BfoN52JU33s Consultado: 27 de mayo de 2019

National Geographic (2018) Nuevo informe del IPCC: los efectos del cambio climático serán peores de lo previsto, disponible en https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2018/12/el-cambio-climatico-golpea-esta-isla-del-artico-puede-la-comunidad-superarlo Consultado: 27 de mayo de 2019

Poseidon (2018) Optimizing Impact. Empowering people to save the planet with every purchase, Poseidon Foundation, Malta, 51 pag. Disponible en https://poseidon.eco/assets/documents/Poseidon-White-Paper.pdf

Consultado: 27 de mayo de 2019

Rigitano, Emanuele (2018) COP24, the speech of 15-year-old climate activist Greta Thunberg everyone should listen to, LifeGate, disponible en https://www.lifegate.com/people/news/11-december-is-international-mountain-day Consultado: 27 de mayo de 2019.

Rueda Abad, J.C., Gay, C. y Quintana Solórzano, F., (Coord.) Liliana López Morales (Editora) 2016, 21 visiones de la COP21. El Acuerdo de París: retos y áreas de oportunidad para su implementación en México. México, UNAM-PINCC, 330p. ISBN edición electrónica: 978-607-02-8439-7 ISBN edición impresa: 978-607-02-8444-1 disponible en http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/21visiones/21_visiones.pdf Consultado: 27 de mayo de 2019

Rueda Abad, José Clemente (2018) Cooperación internacional y financiamiento climático: América Latina en el proceso de negociación del segundo periodo de aplicación del Protocolo de Kioto, México, UNAM/Programa de Investigación en Cambio Climático, 231p. disponible en http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/Cooperacion_internacional.pdf Recuperado 6 de febrero de 2018. Consultado: 27 de mayo de 2019

The Club of Rome (2018) The Club of Rome Climate Emergency Plan. A Collaborative Call for Climate Action, Ginebra Suiza, 11p.

The Heinrich Böll Foundation's (2018) The Green Political Foundation, IPCC Special Report on 1.5: Limiting global warming without temperature

"overshoot", disponible en https://www.boell.de/en/2018/10/10/15-grad-bericht-des-ipcc-fokus-auf-striktes-klimaziel-ohne-overshoot Consultado: 27 de mayo de 2019

Thunberg, Greta (2019) Nuestra casa está en llamas. Ecoosfera, Disponible en https://ecoosfera.com/2017/08/los-jovenes-pueden-salvar-al-mundo/ Consultado: 27 de mayo de 2019

Verkooijen, Patrick (2018) This is the new great debate on climate change, disponible en https://www.weforum.org/agenda/2018/11/living-with-climate-change/ Consultado: 27 de mayo de 2019

Wikipedia (2018) Special Report on Global Warming of 1.5 °C, disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Special_Report_on_Global_Warming_of_1.5_%C2%B0C Consultado: 27 de mayo de 2019

WMO (2018) WMO, Bulletin The journal of theWorld Meteorological Organization, Volume 67 (2) – 2018, Ginebra, Suiza, 78p.

World Resources Institute, 2018) IPCC 1.5° Report: We Need to Build and Live Differently in Cities disponible en https://www.wri.org/blog/2018/10/ipcc-15-report-we-need-build-and-live-differently-cities Consultado: 27 de mayo de 2019

Capítulo 22

Hacia un sistema eléctrico en México para no rebasar 1.5°C de cambio climático global

Jorge M. Islas Samperio y Genice K. Grande Acosta

Resumen

El sector eléctrico es una de las fuentes más importantes en México y el Mundo de gases de efecto invernadero (GEI) por el predominante uso de combustibles fósiles. En este trabajo se construye y analiza un escenario alternativo para el sistema eléctrico mexicano considerando 36 opciones de mitigación de GEI (23 de uso eficiente de la energía eléctrica, 4 que promueven la generación distribuida, y 9 opciones de generación de electricidad centralizada con fuentes renovables de energía (FRE)). Los resultados revelan que, en relación a la línea base de GEI, hacia el año 2020 se reducen un 33% las emisiones de GEI, mientras que hacia el año 2035 se alcanza una reducción drástica de 79%. Además, se genera un beneficio económico global de casi 8,000 millones de dólares (MUSD). Sin embargo, su implementación requiere de una inversión adicional de aproximadamente 2,000 MUSD anuales en 25 años, lo cual constituye el principal reto para lograrlo. Finalmente, se muestra que las metas nacionales para el sector eléctrico, establecidas en la Ley General de Cambio Climático, las que establece la Ley de Transición Energética y en los NDC del Acuerdo de París, son viables de lograrse en el marco de este escenario alternativo.

Palabras clave: Energías renovables; eficiencia energética; sistema eléctrico mexicano; escenario de mitigación.

Abstract

The electric power sector is one of the largest sources of Greenhouse Gas (GHG) emissions in Mexico and the World due the predominant use of fossil fuels. In this work, an alternative scenario for the Mexican Electric Power System is constructed and analyzed considering 36 GHG mitigation options (23 for an energy-efficient use, 4 that promote distributed generation and 9 options of centralized electric power generation with Renewable Energy Sources (RES)). The results reveal that, regarding the GHG baseline, towards 2020 this alternative scenario minimizes 33% of the GHG emissions and towards 2035 these emissions are dramatically minimized at 79%. Furthermore, it generates a global economic benefit of over 8 000 million of US Dollars (MUSD). However, its implementation requires an additional investment of almost 2 Billion USD/year in 25 years, which is the main challenge to achieve it. Lastly, it is shown that

national goals for the electric power sector that have been established in the General Climate Change Law, the Energy Transition Law as well as the proposed Nationally Determined Contributions in the Paris Agreement are feasible for achievement in this alternative scenario.

Key words: Renewable energies; energy efficiency; Mexican electric power system; mitigation scenario.

INTRODUCCIÓN

El problema de cambio climático, es y será, uno de los más importantes que enfrentará la humanidad en el siglo XXI, lo más crítico es que algunas de sus consecuencias, tales como sequías, ondas de calor, lluvias torrenciales, inundaciones, incendios forestales, se están viviendo actualmente de manera ya extrema, en cada vez más grandes extensiones de tierra y de países (por ejemplo, los ocurridos en California en 2018).

En octubre de 2018 se publicó el "Reporte Especial: Calentamiento Global de 1.5°C" (IPCC, 2018) en el cual los expertos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, aseguran que el 1.5°C de incremento promedio de la temperatura global, con respecto al periodo pre industrial, se alcanzará entre 2030 y 2052 si no cambiamos drásticamente la trayectoria actual de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico. Así también coinciden en que las diferencias de temperatura media en las regiones oceánicas y terrestres, los calores extremos en regiones pobladas, las precipitaciones estrepitosas, las sequías extremas y el déficit de lluvias son de gran significado con un cambio climático de 1.5°C en lugar de 2°C. Por lo cual, exhortan a los tomadores de decisiones y a los habitantes del planeta a contribuir para que se limite el cambio climático a no más de 1.5°C para alejarnos así de un escenario de catástrofe climática.

Por lo que, para no rebasar el incremento promedio de la temperatura global de 1.5°C, hacia el año 2030 se necesitan reducir las emisiones de GEI en un 45% respecto al nivel de emisiones de 2010 y alcanzar el cero neto (*net zero*) de emisiones hacia el año 2050.

Una de las fuentes más importantes de emisiones de GEI es la generación de energía eléctrica que se realiza, en su mayor parte, con petróleo, carbón y gas natural. A nivel mundial las emisiones de GEI provenientes de éste sector se han incrementado a una tasa anual de 2.3% desde el año 2000, para alcanzar en el año 2017 las 13,587 $MtCO_2e$, lo que ha representado cerca del 42% de las emisiones totales de GEI por uso de la energía y se estima que esas emisiones sigan creciendo de manera alarmante hacia el año 2040 para, según la Agencia Internacional de Energía, totalizar 17,610 $MtCO_2e$ (IEA, 2018).

En este contexto, el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable (FRE) tanto de manera distribuida como centralizada para la generación eléctrica cobra relevancia como un factor para el desacoplamiento entre la generación de electricidad y la generación de emisiones de GEI (Grande e Islas, 2013). Es imprescindible recurrir a las opciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica; ya que, como veremos, son

opciones de mitigación viables, tanto desde el punto de vista técnico como económico, y representan reducciones sustanciales de GEI en el sector eléctrico. En este trabajo se pretende demostrar que un portafolio de opciones de mitigación que integra, de manera intensa, medidas de ahorro y uso eficiente de la energía (UEE), generación distribuida (GD) y centrales de FRE es una solución que tiene un beneficio económico global, no un costo global, y por lo mismo es viable para establecer sistemas eléctricos bajos en carbono.

Es importante mencionar que México es uno de los pocos países a nivel mundial que cuenta con una Ley General de Cambio Climático (LGCC) que establece un Sistema Nacional de Cambio Climático, así como metas para la política nacional de cambio climático tanto en la mitigación como en la adaptación al cambio climático (DOF, 2012). En materia de mitigación, la LGCC establece especialmente tres metas ambiciosas y voluntarias para reducir emisiones de GEI en el mediano y largo plazo; la primera se propone reducir las emisiones nacionales de GEI en un 30% hacia el año 2020 con respecto una línea base, la segunda establece que hacia el año 2024 el porcentaje de la generación eléctrica con energías limpias debe de ser del 35%, mientras que en la tercera se fija la meta de un 50% de reducción de emisiones nacionales de GEI al 2050 respecto a las emisiones de GEI emitidas en el año 2000.

Más recientemente, en el marco de las negociaciones internacionales de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en su versión vigésimo primera (*COP21*), México, fue el primer país en desarrollo en plantear sus contribuciones nacionalmente determinadas, (*Intended Nationally Determined Contribution -INDC-*, por sus siglas en inglés) para reducir GEI, estableciendo por un lado una meta no condicionado de reducción del 22% de sus emisiones hacia el año 2030 respecto a la línea base actual, y, por otro lado, una meta condicionada de reducción del 36%, en ese mismo año, si se llegara a un acuerdo global que asegure el apoyo financiero y la transferencia tecnológica para llevar a cabo acciones de mitigación en los países en desarrollo (Gobierno de la República, 2014). En relación al sector eléctrico, la propuesta de *INDC* de México establece que, en la meta no condicionada, el sector eléctrico mexicano logre una reducción de GEI de 31% respecto a su línea base sectorial de emisiones de GEI (SEMARNAT, 2015). Las metas establecidas en la LGCC y en los *INDC* del gobierno mexicano para el sector eléctrico se enmarcan en un nuevo contexto institucional originado por la reciente reforma del sector energético mexicano (Alpizar y Rodríguez, 2016) y, espacialmente, con las metas que marca la nueva Ley de Transición Energética (DOF, 2015) que establece un mínimo de participación de energías limpias en la generación de energía eléctrica, a saber, de 25% para el año 2018, de 30% para el año 2021 y de 35% para el año 2024.

Ante estas metas de mitigación y las disposiciones legales de establecer metas de participación de energías limpias, para alcanzarlas es necesario contar con información confiable y precisa para desarrollar un portafolio de medidas de mitigación de GEI que sea viable en México. Este capítulo atiende a esta problemática enfocándose en el sector eléctrico mexicano, el cual es el responsable del 24% de las emisiones totales de GEI debido al uso de energía en México. Para ello se propone la construcción de un escenario alternativo para el sector eléctrico mexicano que muestre que el uso intenso de medidas de mitigación de GEI a base de opciones de UEE, GD y centrales

de FRE es necesario para lograr un escenario bajo en carbono, en línea con las metas nacionales de reducción de GEI, y que, además, sea viable desde el punto de vista técnico y económico.

Este trabajo, aspira a convertirse en una referencia para estudios nacionales de otros países en donde se desea demostrar la viabilidad técnica y económica de escenarios bajos en carbono en los sectores eléctricos debido a que un uso intenso de opciones de UEE y GD conlleva a una reducción importante de la demanda eléctrica y en consecuencia del uso de grandes centrales de FRE en la oferta eléctrica las cuales requieren de montos más importantes de inversión. El método que se empleó para mostrar esta viabilidad ha sido la construcción de escenarios y el análisis costo-beneficio global del escenario alternativo en relación al escenario tendencial.

LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

El sector eléctrico mexicano, acorde con la tendencia mundial, se ha caracterizado en las últimas décadas por el predominio de los combustibles fósiles como insumos energéticos los cuales representaron el 84% según el Balance Nacional de Energía de 2017 (SENER, 2018a). Esto ha tenido como consecuencia que la contribución de sus emisiones de GEI sea importante y hayan alcanzado la cantidad de 127 $MtCO_2e$ según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de 2013, lo que representó cerca del 24% de las emisiones nacionales por uso de energía (522 $MtCO_2e$) y poco más del 19% de las emisiones globales del país (665 $MtCO_2e$) (INECC, 2015). Por lo que, sí México quiere iniciar una ruta de reducir sustancialmente sus emisiones de GEI que contribuya a cumplir con sus NDC de mitigación, y que lleven a una trayectoria de no rebasar el 1.5 °C de cambio climático, resulta indispensable descarbonizar de manera profunda el sector eléctrico mexicano.

Esta tendencia hacia el uso predominante de combustibles fósiles parece además paradójica cuando se sabe que México posee un potencial importante de fuentes de energía renovable (FRE) (Islas et al., 2004), sin embargo, y de manera contradictoria, el empleo de las FRE en el sector eléctrico es relativamente bajo, como se muestra en la Tabla 1 -que aporta los datos de la capacidad instalada total a base de FRE en México para generación eléctrica en el año 2017- (SENER, 2018), y los valores máximo y mínimo del potencial de FRE que se ha reportado en diversos estudios (CONUEE, 2011; CFE, 2010; CRE, 2011; García et al., 2015; Islas et al., 2015; NREL, 2003; SENER, 2011; 2012; 2013; 2018b; 2018c). En este capítulo, se muestra que existe un potencial importante de UEE y GD que puede reducir de manera importante el consumo de combustibles fósiles en la oferta eléctrica.

Tabla 1. Capacidad instalada de centrales a base de FRE y potencial nacional en México

Tecnología de generación	Total (MW)*	Potencial nacional (MW)
Hidroeléctricas	12,642	49,750 - 52,600
Geotérmicas	926	9,686 - 13,110
Centrales Eólicas	4,199	44,350 - 70,000
Biomasa	865**	9,183 - 13,472
Biogás	217	898 – 1404
Solar	1,647***	6,500,000 GWh
Total	20,620	

* Cifras al 30 de junio de 2018.
**Incluye las centrales a partir de bagazo de caña.
*** Se refiere a centrales fotovoltaicas.
Fuente: Elaboración propia con base en información de (CONUEE, 2011; CFE, 2010; CRE, 2011; García et al., 2015; Islas et al., 2015; NREL, 2003; SENER, 2011a; 2012; 2013; 2018b; 2018c).

METODOLOGÍA GENERAL

1. En primer lugar, se establece como año de referencia el año 2010 debido a que para este año se cuenta con la información suficiente para representar adecuadamente la demanda y la oferta de electricidad en México, para la formulación de los escenarios tendencial y alternativo bajo en carbono, los cuales se proyectan 25 años hacia adelante como periodo de análisis.
2. En segundo lugar, se crea un escenario tendencial siguiendo las prospectivas oficiales del desarrollo de la demanda y oferta eléctrica en México (basado principalmente en centrales de ciclo combinado y carbón).
3. En tercer lugar, se crea un escenario alternativo bajo en carbono en donde se contempla la implementación de 27 opciones de mitigación de emisiones de las cuales 23 son de uso eficiente de electricidad (UEE), 4 de generación distribuida (GD) y 8 tecnologías de generación que aprovechan las FRE a través de grandes centrales eléctricas. Finalmente, se hace un análisis de costo-beneficio y de la mitigación de GEI del escenario bajo en carbono en relación al escenario tendencial.

Todo esto se simula en el *software LEAP* (*Long-range Energy Alternatives Planning)* (Heaps, 2008) el cual es un modelo contable de tipo *bottom-up*, en el cual se recrea un equilibrio entre la demanda y la oferta eléctrica para todo el periodo de análisis.

Establecimiento del año de referencia y construcción del Escenario Tendencial

El establecimiento del año de referencia y la proyección del escenario tendencial (ET) se realizó con dos elementos que se describen a continuación:

1) Por el lado de la demanda eléctrica, con base en información oficial (SENER, 2007; 2010; 2011b; 2014), se representa el consumo de electricidad en el año 2010 de siete sectores, a saber: industrial (SI), residencial (SR), comercial (SC), público (SP), hidrocarburos[1](SH), transporte (ST) y agropecuario (SA). Una vez realizada esta representación se procede a realizar la proyección de la demanda eléctrica proveniente de estos sectores con base en prospectivas oficiales.

2) Para el lado de la oferta eléctrica, con información oficial se representa el año de referencia y, posteriormente, se realiza la proyección de la oferta de electricidad en el periodo de análisis de acuerdo a documentos oficiales (CFE, 2011a; 2011b; SENER, 2007; 2010; 2011b; 2014), empatándola con la demanda eléctrica de los sectores de consumo mencionados. En este punto, se consideran los costos relativos a la inversión, combustibles y operación y mantenimiento de la expansión de la nueva capacidad del ET considerando la información de CFE, 2011c y EIA, 2011.

Construcción del Escenario Bajo en Carbono

La construcción del escenario alternativo bajo en carbono (EBC) se hizo en dos etapas, descritas a continuación:

1) En la primera etapa, se incluyen 23 medidas de UEE en los sectores de demanda, consistentes en medidas para realizar un consumo de electricidad más eficiente tales como: la sustitución de equipos ineficientes (p. e. refrigeración eficiente en los sectores residencial e industrial), aplicación de normas de eficiencia (p. e. iluminación eficiente en el sector residencial), mejores prácticas para optimización de procesos (p. e. ajustes que disminuyen el consumo de electricidad en diferentes componentes de los sistemas de compresión en el sector hidrocarburos) y el establecimiento de plantas de cogeneración, entre otros. También se incluyen 4 opciones de generación distribuida (GD) con sistemas fotovoltaicos interconectados (SFVI) en diferentes sectores, todo lo cual reduce el consumo de electricidad de la red eléctrica. En la tabla 2 se describen las opciones mencionadas que impactan la demanda eléctrica, por sector de consumo y uso final.

1 Como parte de la metodología de análisis se consideró este sector de consumo intermedio como uno de consumo final de electricidad.

Tabla 2. Medidas de uso eficiente de electricidad y generación distribuida seleccionadas para el escenario bajo en carbono

Sector	Uso final	Opción**	Supuestos principales
Sector Residencial	Iluminación	Focos eficientes (UEE-SR-FE)	Se sustituye el 100% de los focos incandescentes por focos eficientes (LFC) hacia el año 2035. Se prohíbe a partir del primer año de análisis el uso de los focos incandescentes de 100 Watts o más. Se sustituyen 7.6 millones de focos incandescentes anualmente.
	Refrigeración	Refrigeradores eficientes-SR (UEE-SR-RE)	Sustitución progresiva del total del parque de refrigeradores en el periodo de análisis por refrigeradores que cumplen con la NOM-015-ENER-2012.
	Acondicionamiento de espacio	Aire acondicionado eficiente y aislamiento térmico-SR (UEE-SR-ACEAT)	Sustitución progresiva del 100% de los equipos y sistemas de aire acondicionado ineficiente (AC) por eficientes en conjunto con la implementación de aislamiento térmico en techos. Esta medida tiene un efecto combinado de la reducción del 40% del consumo por AC.
	Uso de electricidad	Sistemas fotovoltaicos interconectados-SR (GD-SR-SFVI)	De manera progresiva todos los usuarios de alto consumo de la tarifa 1 instalan un SFVI hacia el año 2035. Se considera un consumo promedio mensual de 353 kWh y la instalación de SFVI de 1 kWp por lo que se asumen 667 MWp de capacidad al final del periodo.
Sector comercial	Iluminación	Iluminación eficiente-SC (UEE-SC-IE)	Sustitución progresiva del 100% del parque de lámparas (38.5 millones en el año de referencia) hacia el año 2035.
	Aireacondicionado	Aire acondicionado eficiente y aislamiento térmico-SC (UEE-SC-ACEAT)	Se considera una sustitución de equipos de aire acondicionado (AC) por equipos más eficientes y aislamiento térmico. En total se sustituyen más de medio millón de equipos hacia el 2035. Esta opción combinada contribuye con un 40% de reducción de consumo eléctrico para este uso final.
Sector público	Alumbrado público	Alumbrado público con LED (UEE-SP-APE)	Se considera la sustitución del 100% del parque de lámparas existente en alumbrado público a nivel nacional por lámparas eficientes LEDs hacia el año 2035.
		Alumbrado público con SFVI (GD-SP-APSFVI)	Se considera la instalación de SFV distribuidos de 2.6 kWp y conectados a la red eléctrica en un esquema de medición neta a nivel nacional para cubrir el consumo de alumbrado público con lámparas LED. Hacia el año 2035 se instalan cerca de 3.8 GWp.
	Bombeo municipal	Bombeo municipal con SFVI (GD-SP-BMSFVI)	Consiste en la instalación de SFVI en los sistemas de bombeo municipal que inyectan electricidad a la red durante las horas de insolación a nivel nacional. En 2035 se acumula en este uso final la instalación de 1.2 GWp distribuidos.

Sector industrial	Motores	Motores eficientes (UEE-SI-ME)	Se estima 1.4 millones de motores existentes en el año 2010 y 5 millones hacia el año 2035. Se sustituyen al 100% todos estos equipos por motores más eficientes en el periodo de análisis.
	Bombas, Ventiladores, Compresores	Variadores de velocidad (UEE-SI-VV)	Se supone una mejora de 20% de eficiencia debido a la instalación de variadores de velocidad en bombas, ventiladores y compresores. Se obtiene un ahorro de 25 mil GWh hacia el año 2035 con esta medida.
	Compresores	Compresores de aire (UEE-SI-CA)	Se considera un 20% de reducción de consumo de electricidad eliminando fugas en los sistemas de compresión de aire. Se obtiene un ahorro al final del periodo de cerca de 9716 GWh.
	Refrigeración	Refrigeradores eficientes-SI (UEE-SI-RE)	Se estiman 1.4 millones de refrigeradores en en el 2010 en este sector y 6.5 millones en el año 2035. Se sustituyen al 100% estos equipos por refrigeradores más eficientes en el periodo con lo que se obtiene un ahorro al final del periodo de 4,679 GWh.
	Iluminación	Iluminación eficiente-SI (UEE-SI-IE)	Existen 49.1 millones de lámparas en el sector en el 2010 y 181.2 millones en el año 2035. Se considera la sustitución al 100% con lámparas más eficientes al final del periodo.
	Hornos y calentadores eléctricos	Hornos y calentadores eléctricos eficientes (UEE-SI-HCEE)	Hacia el año 2035 se considera un ahorro global de energía eléctrica del 12% por el uso de hornos y calentadores eléctricos más eficientes.
	Siderurgia, aluminio, vidrio y papel	Reciclado de materiales (UEE-SI-RM)	Se considera un incremento promedio del 27% en el uso de material reciclado. Se alcanzan 2,274 GWh en el año 2035 de ahorro de energía eléctrica.
	Consumo de electricidad	Cogeneración-SI (UEE-SI-CG)	Se logra implementar el potencial estimado por CONUEE (2009) de 3,609 MW hacia el año 2035. Las ramas industriales con el mayor potencial son la química, azucarera, hule, celulosa y papel, cerveza y malta y otras.
		Sistemas fotovoltaicos interconectados-SI (GD-SI-SFVI)	Se logra progresivamente la instalación de SFV conectados a la red y funcionando en un esquema de medición neta distribuidos en el sector industrial de 12 GWp en el año 2035.

Sector Hidrocarburos	Compresores	Optimización de la relación de compresión (UEE-SH-ORC)	Se considera la instalación de transductores en los puertos del compresor y en la revisión computarizada de los ciclos de succión y compresión en 390 sistemas existentes hacia el año 2035. Esta medida representa un ahorro de 42 GWh anuales.
		Ajuste de válvulas del compresor (UEE-SH-AVC)	Consiste en ajustar la posición de la válvula de la presión de succión, la de retorno y la de contrapresión para reducir el retorno y la carga al compresor en 390 sistemas existentes hacia el año 2035. Se consiguen ahorros por 42 GWh anuales.
		Redimensionamiento del sistema de compresión de gas (UEE-SH-RSCG)	Se considera que se redimensionan los sistemas de compresión de gas para minimizar pérdidas. Se aplica al total de sistemas de compresión considerados hacia el año 2035. Representa hasta 28 GWh anuales de ahorro de electricidad.
		Ajuste del volumen libre del cilindro (UEE-SH-AVLC)	Consiste en realizar un ajuste manual o automático del volumen libre del cilindro de tal manera que opere a su máxima capacidad en 390 sistemas existentes. Se alcanza un ahorro de electricidad de 28 GWh anuales.
		Ajuste del claro del cilindro del compresor (UE-SH-ACCC)	Consiste en aplicar un ajuste del claro del cilindro a un valor mínimo para optimizar la eficiencia del compresor. Se alcanza un ahorro de electricidad de 28 GWh anuales.
		Enfriadores intra e inter etapas (UEE-SH-EIIE)	Se considera la implementación de enfriadores en las etapas de uso de los compresores para mejorar la eficiencia de los compresores. Se ahorra por esta medida 56 GWh anuales.
	Calentadores y sistemas de vapor de calentamiento	Introducción de mediciones en el sitio para mejorar la eficiencia energética (UEE-SH-IMEE)	Utilización de software de supervisión, control y adquisición de datos para hacer mediciones en sitio con el fin de incrementar laeficiencia energética en los procesos de este sector. Se alcanzan 5 GWh anuales de ahorro de electricidad en el sector con esta medida.
		Limpieza de tuberías mediante diablos (UEE-SH-LTD)	Consiste en realizar 390 proyectos de limpieza de tuberías hacia el año 2035. Se considera un ahorro anual de 3 GWh de electricidad en el sector.
	Producción de Gas Natural	Optimización de los Sistemas de producción de Gas Natural (UEE-SH-OSPGN)	Se considera la implementación de medidas de optimización en la producción de gas natural asociado y no asociado (p. e. analizar la red de tubería, optimizar el flujo para reducir la caída de presión y la carga de compresores) Se ahorran 7 GWh anuales de electricidad con esta medida en el sector.

** UEE = Uso eficiente de energía y GD = Generación distribuida

Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

2) En la segunda etapa, una vez que se calcula la demanda ajustada de electricidad considerando la aplicación de las opciones anteriormente mencionadas, se construyó un escenario de expansión de la oferta eléctrica para satisfacer la demanda de electricidad ajustada haciendo un uso preponderante de las tecnologías de aprovechamiento de FRE. Esta oferta eléctrica baja en carbono se estableció, por supuesto, considerando el potencial energético de las FRE mencionado que tiene el país así como la sustitución, principalmente, de las centrales de ciclo combinado y carboeléctricas del ET. En la tabla 3 se muestran los principales supuestos de las opciones de FRE en la oferta eléctrica.

Tabla 3. Opciones de FRE seleccionadas para el Escenario Bajo en Carbono.

ID Opción*	Opción de generación con FRE	Supuestos principales
FRE-BGAS	Biogás	Se alcanza el máximo potencial estimado de 1.4 GW en el año 2035.
FRE-BIOMD	Biomasa a partir de desechos	Se instalan centrales de capacidades de 35, 25 y 50 MW que utilizan desechos del manejo sustentable de bosques y selvas. Se alcanza el potencial de 8.25 GW.
FRE-BIOMPE	Biomasa de Plantaciones Energéticas	Se instalan centrales de capacidades de 35, 25 y 50 MW que utilizan leña de plantaciones energéticas a partir del 2020. Se alcanza el potencial de 1.2 GW.
FRE-EOL	Eólica	Se instalan en el periodo 20 GW de aerogeneradores.
FRE-GEO	Geotérmica	Se alcanza el potencial de 12.4 GW en el año 2035.
FRE-HIDROG	Hidroeléctrica >30 MW	Se considera la instalación de 17.4 GW de centrales hidroeléctricas adicionales en el periodo. El 35% de la capacidad funcionan como respaldo de las centrales eólicas y FV.
FRE-HIDROP	Pequeña hidroeléctrica < 30 MW	Se utiliza el potencial de pequeñas hidroeléctricas de 4.4 GW.
FRE-SFV	Solar Fotovoltaica	Se alcanzan los 4 GW de centrales fotovoltaicas a nivel nacional en el año 2035.
FRE-ST	Solar Térmica	Se considera la tecnología de torre central y 15% de almacenamiento. Se alcanza 1.1 GW en el año 2035 principalmente en zonas desérticas del norte del país.

*FRE = Fuentes renovables de energía

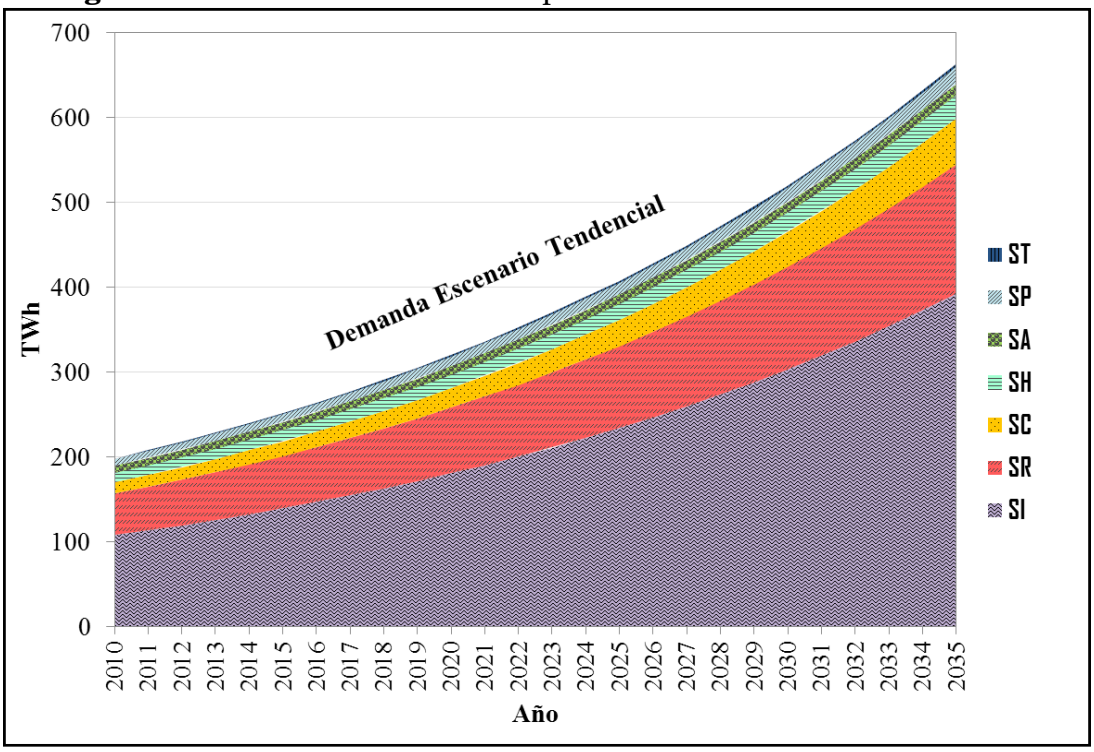
Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

RESULTADOS

Escenario Tendencial

Demanda de electricidad: De acuerdo a los resultados, la demanda eléctrica en México del escenario tendencial muestra un crecimiento anual acelerado que en promedio es de 4.9% y alcanza al final del periodo de análisis los 663 TWh, lo que representa 3.3 veces la demanda eléctrica del año 2010 (199 TWh). Este crecimiento es impulsado por la demanda del sector industrial y comercial que crecen a un ritmo anual de 5.3%, seguido del sector residencial con una tasa de crecimiento anual de 4.6% y del sector de hidrocarburos que tiene un crecimiento anual de 3.6% al igual que el sector transporte. Finalmente, el sector agrícola es el de menor dinamismo ya que se prevé que su demanda eléctrica crezca en 1.8% anual (Figura 1).

Figura 1. Demanda de electricidad por sector en el escenario tendencial.



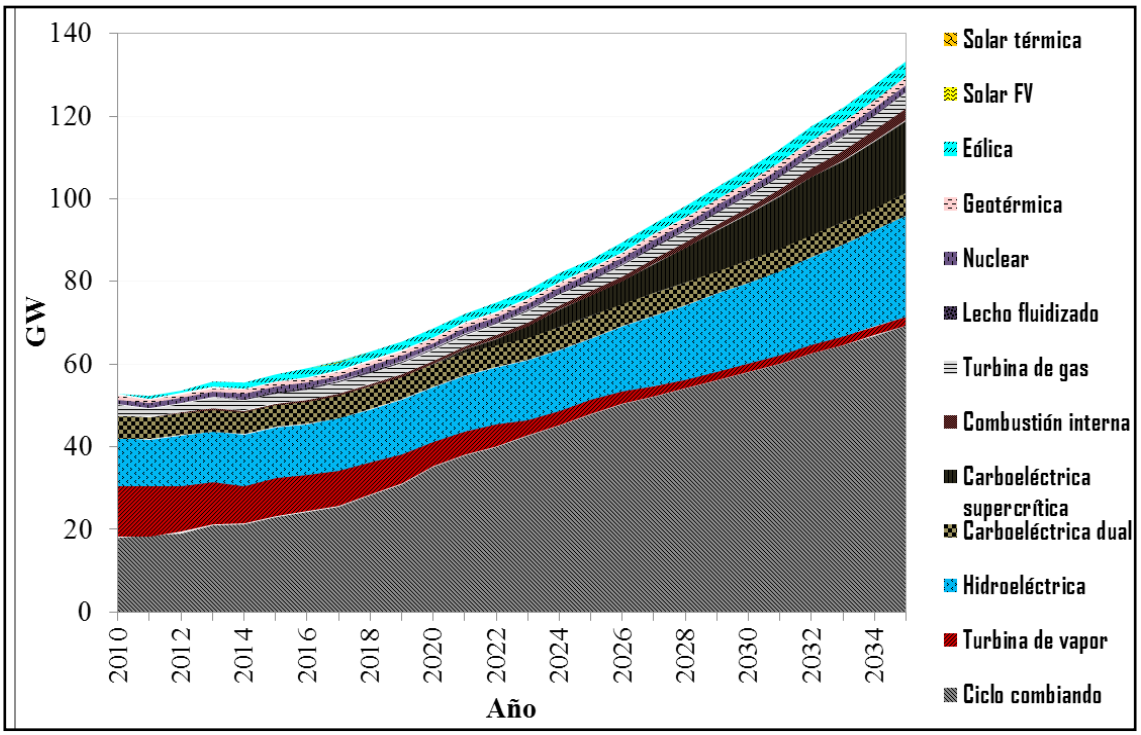
Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

Oferta de electricidad: Para satisfacer la demanda eléctrica de este escenario, las tecnologías favoritas del escenario tendencial de acuerdo a las prospectivas oficiales de México, son las centrales de ciclo combinado a gas y las carboeléctricas cuyas capacidades crecen en promedio anual 5.3% y 6.1%, respectivamente. Contrariamente, la capacidad de las centrales termoeléctricas a base de combustóleo decrece en promedio anual 3.1% (Figura 2).

En lo que respecta a las tecnologías que aprovechan las energías renovables,

la capacidad de las centrales hidroeléctricas (incluyendo las de pequeña escala) muestra un crecimiento anual promedio de 3.1%, mientras que otras tecnologías que aprovechan energéticos renovables, como la geotermia, la eólica y la energía solar tienen un incremento promedio anual de su capacidad del orden de 7.5%, crecimiento insuficiente para que la participación de las FRE en la generación eléctrica sea importante. Por último, la capacidad de la tecnología nuclear crece a un ritmo anual 0.7% reflejando la repotenciación de las unidades existentes.

Figura 2. Capacidad por tipo de tecnología de generación en el Escenario Tendencial.



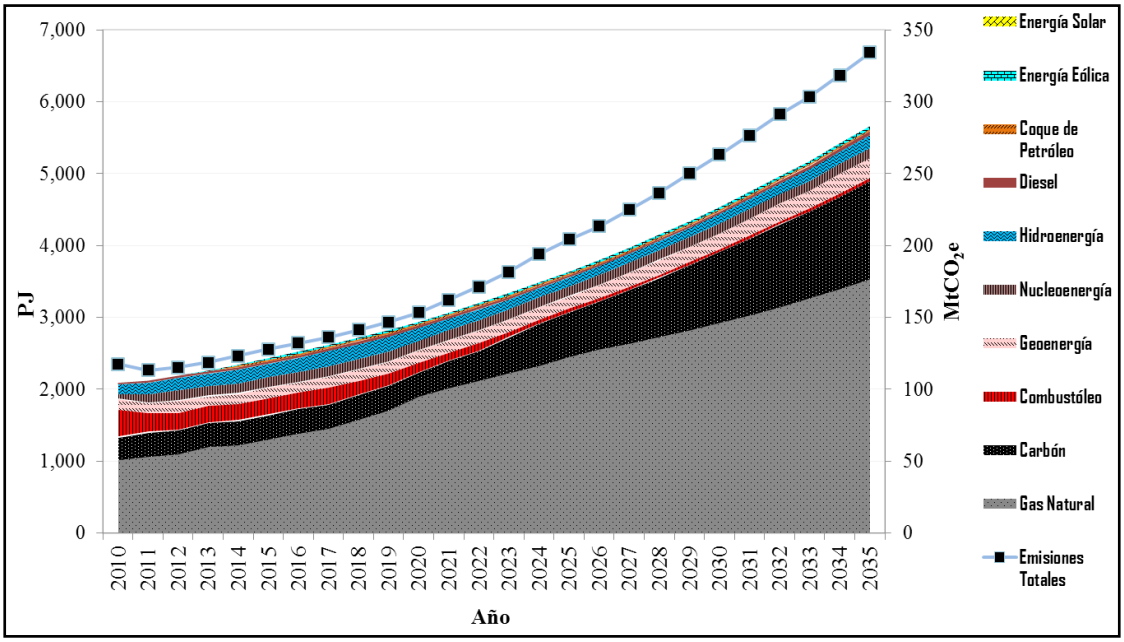
Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

La configuración de la oferta descrita para este escenario lleva a que del lado de la oferta se deban requerir insumos energéticos por 5,662 PJ en 2035, de los cuales el 88% (5,019 PJ) son de combustibles fósiles (gas natural, carbón, combustóleo, diésel y coque de petróleo), los cuales representan una cifra mayor en un 270% a la registrada en 2010. Este escenario se expande sobre todo a base de gas y carbón en detrimento del uso del combustóleo, un petrolífero que tiene un alto factor de emisión de GEI y contaminantes, debido al cierre programado, a lo largo del período, de plantas de vapor a base de este petrolífero. No obstante esta sustitución, las tendencias proyectadas en la estructura del consumo de combustibles del sector eléctrico tienen un impacto importante en el volumen de emisiones de GEI (Figura 3), las cuales totalizan 334.4 $MtCO_{2e}$ en 2035, cifra mayor en 284% a la del año 2010. El gas aumenta su participación en el volumen de emisiones, pasando de 47% a 59% del total. Una tendencia similar resulta en las emisiones provenientes del carbón, cuya participación en el total de

emisiones de GEI pasará de 25% a 38% (Figura 3).

Finalmente, la proporción de emisiones de GEI a partir de combustóleo bajará de forma importante ya que en el año 2010 representa el 27% mientras que en el 2035 solo aporta el 1%, en tanto que la participación del diésel y el coque de petróleo en las emisiones globales de GEI se incrementan del 1% al 3% al final del periodo.

Figura 3. Consumo del sector eléctrico mexicano por fuente energética y emisiones de GEI en el Escenario Tendencial



Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

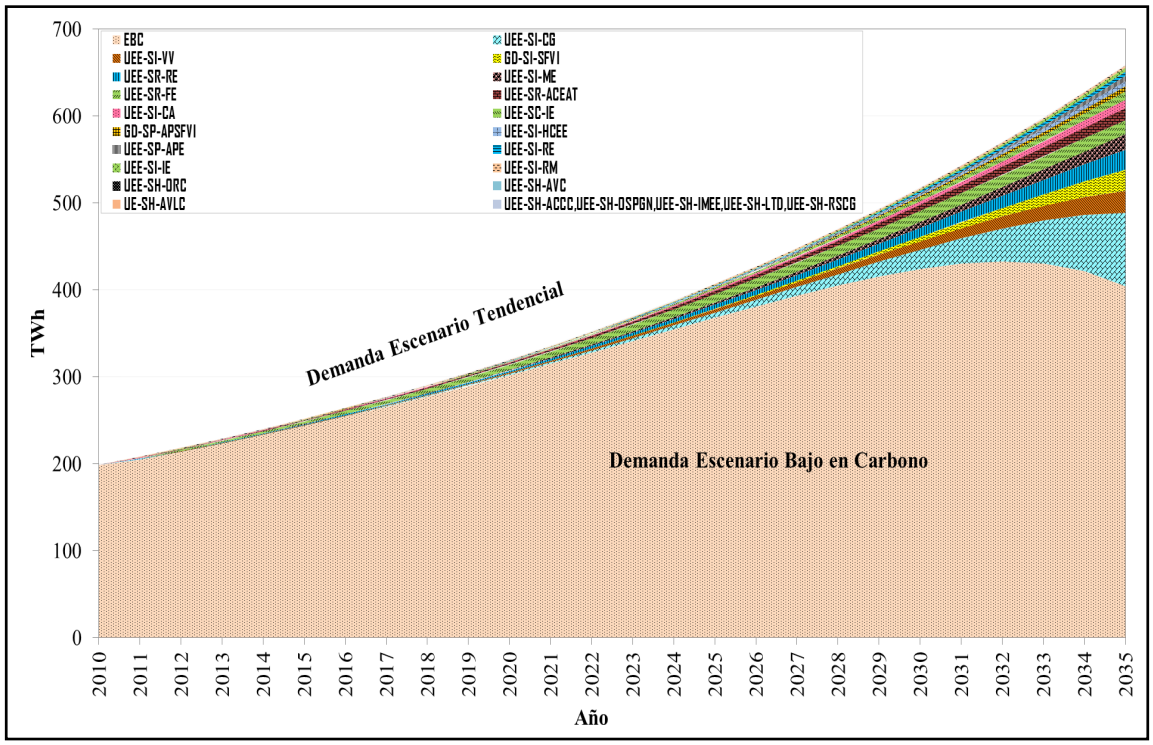
Escenario Bajo en Carbono

Demanda de electricidad: El efecto de las opciones de UEE y GD que se identificaron por cada sector de demanda puede verse en la Figura 4. A partir de estas opciones, el promedio de crecimiento anual de la demanda total de electricidad baja de 4.9% del escenario tendencial a 2.9% en el escenario bajo en carbono. Como puede verse las 6 opciones que contribuyen más a la reducción de la demanda de electricidad son la cogeneración, los variadores de velocidad, los sistemas fotovoltaicos y los motores eficientes en el sector industrial, así como los refrigeradores y focos eficientes en el sector residencial.

Oferta de electricidad: En lo que corresponde a la oferta de electricidad en el escenario bajo en carbono es preponderante el uso de las FRE. Las centrales fotovoltaicas crecen a un ritmo anual de 67% para alcanzar en total 4,000 MW en el año 2035, es de notar que la capacidad instalada de GD con SFV interconectados a la

red (en los sectores de demanda) alcanzan 16,498 MW con lo cual el total de capacidad de tecnología fotovoltaica nacional es de 20,498 MW. Las centrales eólicas muestran un incremento anual también importante de 41% alcanzando en 2035 un total de 20,085[2] MW. Para las centrales geotérmicas se estima un incremento anual de 11% lo que representa una capacidad instalada de aproximadamente 13,000 MW al final del periodo de análisis. Por su parte, las centrales termo solares de potencia, que se difunden a partir de la segunda década del periodo de análisis, alcanzan casi 1,000 MW lo que implica un incremento anual de su capacidad de 20%. (Figura 5).

Figura 4. Contribución de las opciones de UEE y GD para la reducción de la demanda del Escenario Bajo en Carbono



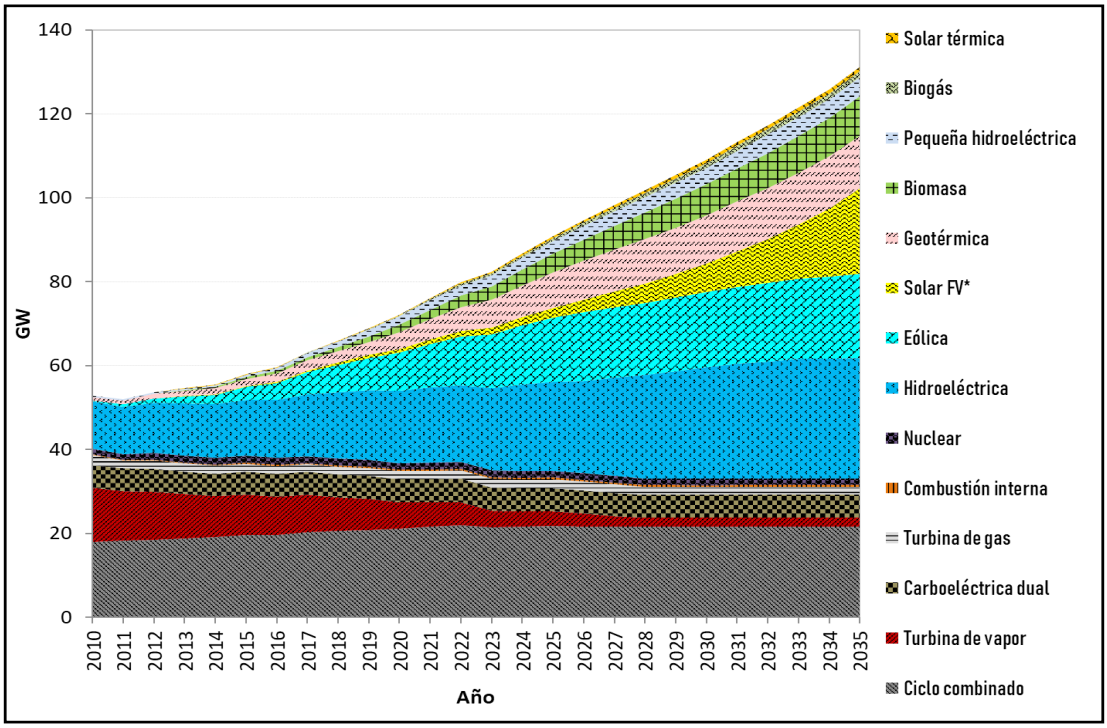
Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

En lo que corresponde a las centrales hidroeléctricas (incluyendo la de pequeña escala) se registra un crecimiento promedio anual de 4% en su capacidad, sumando 29,452 MW al final del periodo. Asimismo, el uso de la biomasa tiene un promedio de crecimiento anual de 18%, lo que resulta en una capacidad instalada total de 9,435 MW al año 2035, especialmente debido al aprovechamiento de desechos de biomasa provenientes del manejo sustentable de bosques y selvas. Por último, cabe señalar que en este escenario bajo en carbono se considera la instalación al final del periodo de 1,228 MW de sistemas de generación eléctrica a partir de biogás de desechos sólidos

2 Un 35% de la capacidad de las centrales hidroeléctricas instaladas funcionaría como respaldo de centrales intermitentes (Grande e Islas, 2017).

municipales (DSM) y residuos pecuarios, teniéndose una tasa promedio de crecimiento anual de 31%.

Figura 5. Capacidad por tipo de tecnología de generación en la oferta eléctrica en el Escenario Bajo en Carbono.



*Incluye la capacidad en Generación Distribuida.

Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

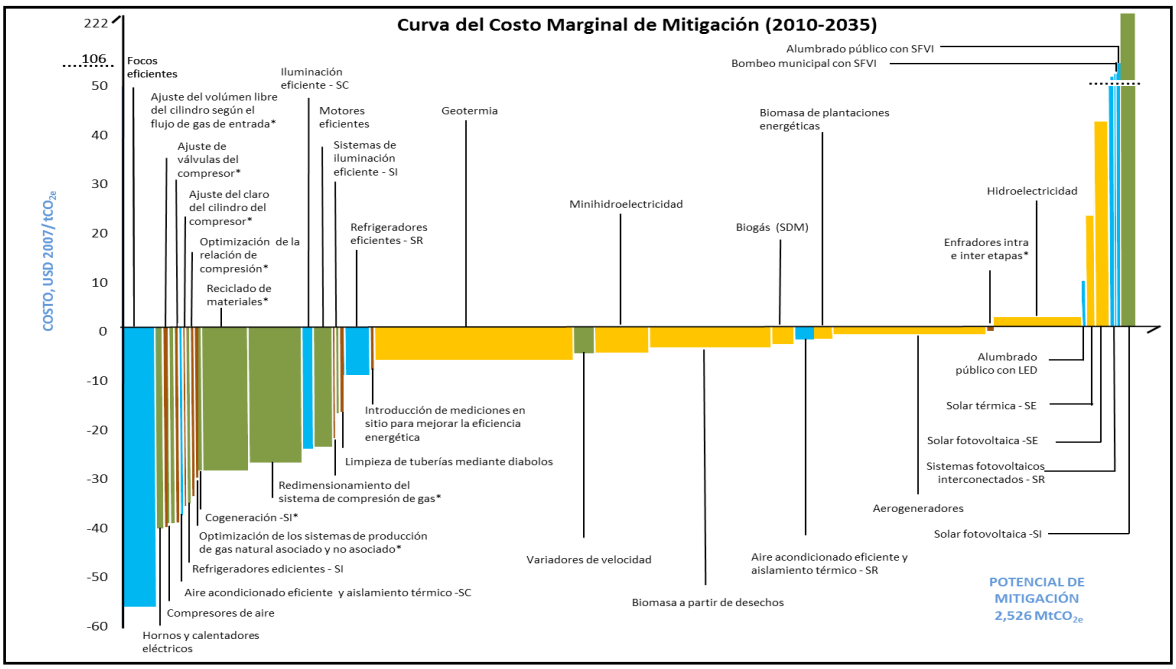
ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO Y REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI

Los resultados del análisis costo-beneficio de cada una de las opciones analizadas de UEE, GD y FRE descritas en el apartado anterior se muestran en la Figura 6. En el eje Y se representa el costo de mitigación y en el eje X las emisiones evitadas de GEI acumuladas en el periodo de análisis derivadas de la implementación de cada opción y ordenadas de menor a mayor costo. Como puede observarse, la mayoría de las opciones de UEE y de centrales a base de FRE tienen costos negativos, es decir, se obtienen beneficios económicos de su aplicación, en tanto que las opciones solares tanto GD como a base de centrales tienen los costos más altos, pero un volumen importante de reducción de emisiones de GEI. De todas las opciones, los focos eficientes es la medida que tiene el mayor beneficio y una importante reducción de emisiones, en tanto que la opción de mayor costo es la GD con SFV interconectados a la red en el sector industrial.

En el escenario bajo en carbono se obtienen beneficios globales del orden $8,524 millones de USD a lo largo de los 25 años de análisis, los cuales en un 74% se generan

principalmente del lado de la demanda eléctrica en donde se implementan opciones de UEE y de GD y el restante 16% se obtiene del lado de la oferta eléctrica con la implementación de las centrales a base de FRE. Sin embargo, este escenario tiene un costo de inversión global importante del orden de $48,970 millones de USD durante los 25 años del periodo de análisis y en este rubro las opciones de FRE en la oferta eléctrica representan poco más de la mitad de esos costos y el resto las opciones de UEE y GD en la demanda de electricidad, por lo que la aspiración de lograr un sistema eléctrico bajo en carbono como el que se plantea en este trabajo representa importantes retos de financiamiento. En tanto que el costo de operación y mantenimiento global representa ahorros de $4,353 millones de dólares en donde se resalta que estos beneficios se focalizan en las opciones de FRE en la oferta eléctrica, y se tienen costos de este tipo relativamente bajos en las opciones de UEE y GD. Es de resaltar que la implementación de este escenario tiene beneficios por concepto de ahorros en combustible del orden de $53,141 millones de USD donde el 57% se generan del lado de la demanda eléctrica y el restante 43% del lado de la oferta eléctrica.

Figura 6. Curva de costos de mitigación de opciones de UEE, GD y FRE en el sector eléctrico mexicano

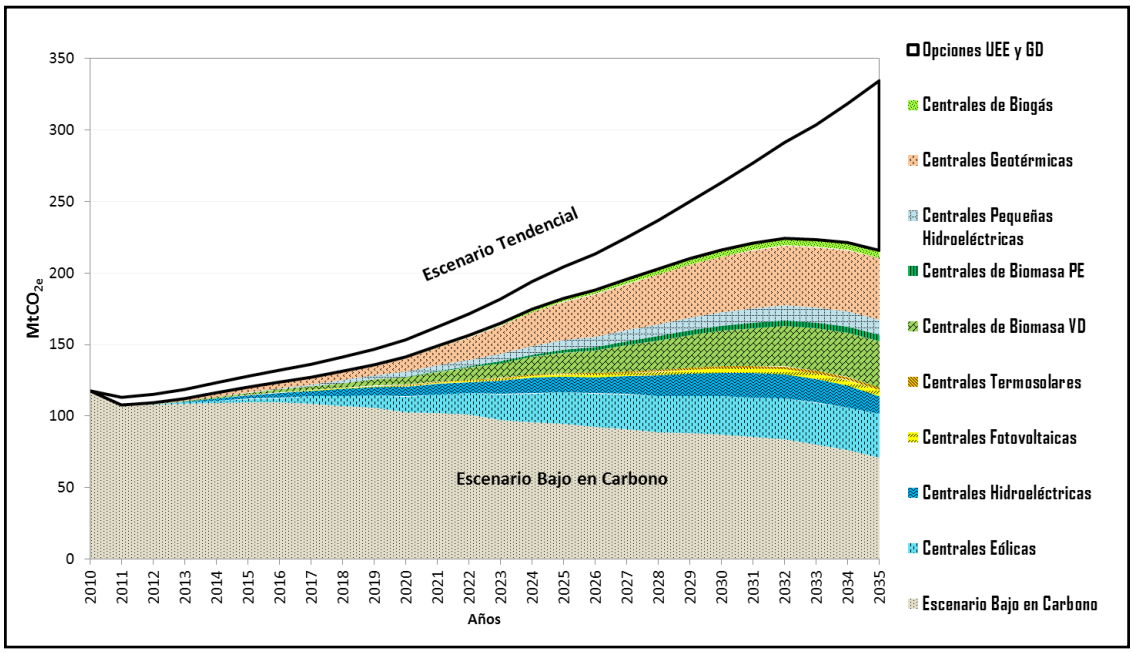


*Estas opciones de mitigación considera los beneficios de la reducción en el consumo de combustibles fósiles.

Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

Respecto a las emisiones de GEI, la implementación del escenario bajo en carbono significa por un lado, una reducción acumulada de 2,526 $MtCO_2e$ en el sector eléctrico durante el periodo de análisis, lo que representa una reducción del 50% de las emisiones de GEI acumuladas del escenario tendencial y, por otro lado, que el sector eléctrico tenga en el año 2035 emisiones anuales por 71 $MtCO_2e$, lo que significa una reducción de 79% respecto a las emisiones anuales del escenario tendencial para el año 2035. Además, con la implementación del escenario bajo en carbono se logra que las emisiones de GEI en el año 2035 del sector eléctrico sean 40% menores que en el año 2010 con lo que se consolida el camino de estabilizar a niveles bajos las emisiones de GEI en el sector eléctrico mexicano (Figura 7).

Figura 7. Emisiones evitadas por tecnología de FRE y opciones de UEE y GD, 2010-2035.



Fuente: Elaborado con base en Grande e Islas (2017).

En términos de la meta establecida en la LGCC de tener un 35% de generación eléctrica con energías limpias en el año 2024, el escenario bajo en carbono la cumple ya que en ese año se genera el 59% con energías renovables. Asimismo, el objetivo de reducir en un 31% las emisiones del sector eléctrico respecto a una línea base para dar cumplimiento a la meta no condicionada de los INDC de México de reducir sus emisiones de GEI en un 22% en el año 2030 de forma global, se logra en el escenario bajo en carbono ya que en ese año se reducen las emisiones de GEI en un 67% respecto a las emisiones de GEI del escenario tendencial. Finalmente, las metas establecidas en la Ley de Transición Energética de participación mínima de energías limpias en la generación de electricidad del 25% para el año 2018, del 30% para el año 2021 y del 35% para el año 2024 se cumplen en este escenario alternativo ya que la generación

con energías renovables sería del 43% en el año 2018, del 51.3% en el año 2021 y del 59% en el año 2024.

Como se dijo, la implementación de este escenario bajo en carbono implica incurrir de acuerdo a nuestros resultados en una serie de costos de inversión incrementales acumulados del orden de 48,970 millones de dólares (MUSD) en los 25 años del periodo de análisis (lo que equivale a una inversión incremental de casi 2,000 MUSD cada año), los cuales se dividen en 23,715 MUSD por la implementación de las opciones de UEE y GD de lado de la demanda de electricidad y 25,255 MUSD por la implementación de las tecnologías de FRE en la oferta eléctrica, es decir casi 1000 millones de dólares de inversión incremental tanto en el lado de la demanda como en la oferta eléctrica.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del escenario base, el volumen de energía que se requiere es de 5,662 PJ en 2035, cifra mayor en 270% a la registrada en 2010. Como consecuencia de estas tendencias, el volumen de emisiones de GEI, alcanza un total de 334.4 $MtCO_2e$ en 2035, incrementándose en un 284% en relación al año 2010. Estas emisiones provienen principalmente del uso del carbón y del gas natural.

La reducción de emisiones de GEI en el sector eléctrico en el escenario bajo en carbono proviene de dos vertientes; la aplicación de 27 opciones de mitigación de lado de la demanda de electricidad de las cuales 23 son de UEE y 4 de GD implementadas en los distintos sectores de consumo final de electricidad, incluyendo el sector hidrocarburos y, por otro lado, la ampliación de la capacidad de generación eléctrica a base de centrales de FRE por el lado de la oferta eléctrica. Este conjunto de opciones ofrece un potencial de reducción de emisiones de 2,526 $MtCO_2e$ en el periodo de análisis (762 $MtCO_2e$ correspondientes a las opciones de UEE y GD por el lado de la demanda de electricidad y 1,763 $MtCO_2e$ correspondientes a la generación eléctrica a partir de FRE por el lado de la oferta eléctrica), equivalente al 50% de las emisiones acumuladas en el escenario tendencial en el periodo de análisis.

De acuerdo con las estimaciones realizadas, en el escenario bajo en carbono se puede lograr también que un 63% de la generación eléctrica sea a partir de fuentes renovables de energía hacia el año 2035 en la oferta eléctrica. En este escenario las opciones de UEE en su mayoría representan beneficios, sin embargo, las opciones de GD tienen costos, pero un potencial importante de reducción de emisiones GEI. Del lado de la oferta eléctrica tanto la hidroelectricidad como las tecnologías solares (térmica y fotovoltaica) arrojan costos de mitigación, pero el resto de las opciones tiene beneficios. En conjunto todas las medidas de mitigación que conforman el escenario bajo en carbono tienen como resultado que los beneficios por $53,141 MUSD superen los costos por $48,970 MUSD de tal modo que se logra un escenario bajo en carbono sin costo y con un beneficio económico global por $8,524 MUSD.

Los resultados muestran también que el escenario bajo en carbono, se alinea bien con las metas nacionales para el sector eléctrico establecidas en la LGCC, los *NDC* de México y las establecidas en la Ley de Transición Energética, dado que el escenario bajo en carbono las cumple sobradamente, por lo que se puede decir que es posible

un escenario bajo en carbono en el sector eléctrico mexicano en consonancia con el objetivo de no rebasar el 1.5 °C de cambio climático y contribuir de forma importante a que se cumpla este objetivo mundial. Los resultados muestran también que es posible alcanzar en el sector eléctrico mexicano un pico de emisiones de GEI en pocos años si se implementa el escenario bajo en carbono.

Sin embargo, los resultados revelan que la implementación de este escenario tiene como principal barrera el financiamiento debido a la inversión incremental de cerca de 2,000 MUSD anuales que requiere su puesta en práctica por lo que es indispensable establecer mayores fuentes de financiamiento, internacionales y nacionales, y diseñar mecanismos de financiamiento adecuados para cada tipo de medida de mitigación. En particular, para la energía solar, térmica y fotovoltaica, es indispensable establecer mecanismos e incentivos para apoyar su difusión a gran escala. Asimismo, el reconocimiento de las externalidades negativas de los combustibles fósiles y la aplicación consecuente de impuestos ecológicos podrían acelerar la implementación masiva de todas las opciones de mitigación analizadas en este capítulo y así establecer un sector eléctrico mexicano bajo en carbonoq que esté alineado a la meta global de no rebasar el 1.5°C de cambio climático.

FUENTES DE CONSULTA

Alpizar, I. y Rodríguez, C. (2016) Review of Mexico's energy reform in 2013: Background, analysis of the reform and reactions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* (58), 725-736.

Comisión Federal de Electricidad [CFE]. (2010) *Potencial hidroeléctrico nacional.*

Comisión Federal de Electricidad [CFE]. (2011a) *Estadísticas 2010*.

Comisión Federal de Electricidad [CFE]. (2011b) *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2011-2025*. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1453 Recuperado 27 de mayo de 2019

Comisión Federal de Electricidad [CFE]. (2011c) *Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión del Sector Eléctrico 2010*.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE]. (2009) *Estudio sobre cogeneración en el sector industrial en México*. Disponible en: http://www.cogeneramexico.org.mx/anexos/2009-12-Cogen_sec-ind-Mex[1].pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía [CONUEE]. (2011) *Fuentes renovables de energía. Tecnologías de aprovechamiento. Hidráulica.* Disponible en: http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_24_energias_renovables Recuperado 27 de mayo de 2019

Comisión Reguladora de Energía [CRE]. (2011) *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*.

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (6 de junio de 2012) *Ley General de Cambio Climático*. Disponible en e: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130515.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (24 de diciembre de 2015) *Decreto por el que se expide la Ley de Transición Energética.* Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015 Recuperado 27 de mayo de 2019

Energy Information Administration [EIA]. (2011) *Annual Energy Outlook 2011*.

Freris, L. e Infield, D. (2008) *Renewable Energy in Power Systems.* Reino Unido: Wiley.

Gobierno de la República de México. (2014) *Versión de Difusión del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC 2014-2018)* Disponible en http://www.cenapred.unam.mx/es/documentosWeb/Avisos/cambio_climatico.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

García, C., Riegelhaupt, E., Ghilardi, A., Skutsch, M., Islas, J., Manzini, F., Masera, O. (2015) Sustainable bioenergy options for Mexico: GHG mitigation and costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* (43), 545-552.

Grande, G. e Islas, J. (2017) Towards a low-carbon electric power system in Mexico. *Energy Sustainable Development*, *37*(2017), 99–109.

National Renewable Energy Laboratory [NREL]. (2003) *Wind Energy Resource. Atlas of Oaxaca.* Disponible en e: https://www.nrel.gov/docs/fy03osti/34519.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2015) *Inventario de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2013.* Disponible en http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_inv_nal_emis_gei_result.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

International Energy Agency [IEA]. (2018) *World Energy Outlook*. París, Francia: IEA.

I**ntergovernmental Panel on Climate Change** [IPCC]. (2018) Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers. Geneva, Switzerland: WMO-UNEP. Disponible en: https://www.ipcc.ch/sr15/

Islas, J., Hernández, H., Manzini, F. y Macías, P. (2004) *Nuevas energías renovables: Una alternativa energética sustentable para México. Análisis y propuesta.* Disponible en e: http://xml.cie.unam.mx/xml/se/pe/NUEVAS_ENERG_RENOV.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Islas, J. y Grande, G. (2013) Políticas Públicas para Impulsar las Energías Renovables en México. *Revista Mexicana de Física S, 59*(2), 1-14.

Islas, J., Manzini, F., Macías, P. y Grande, G. (2015) *Hacia un Sistema Energético*

Mexicano Bajo en Carbono. México: Reflexio/Ediciones, Academia y Comunicación.

Secretaría de Energía [SENER]. (2007) *Prospectiva del Sector Eléctrico 2007-2016.* Disponible en e: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva%20Sector%20Electrico%20FINAS.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER]. (2010) *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025*. Disponible en e: http://www.sener.gob.mx/res/1825/SECTOR_ELECTRICO.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER]. (2011a) *Zonas de Aprovechamiento Potencial para la Generación Eoloeléctrica.*

Secretaría de Energía [SENER]. (2011b) *Balance Nacional de Energía 2010.* Disponible en e: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2011/Balance%20Nacional%20de%20Energ%C3%ADa%202010_2.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER]. (2012) *Biogás.* Disponible en: http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2195&lang=2 Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER]. (2013) *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*. Disponible en: http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2014/Prospectiva_Energias_Reno_13-2027.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER]. (2014) *Sistema de Información Energética.* Disponible en: http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER]. (2018a) *Balance Nacional de Energía 2017*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER] (2018b) *Reporte de avance de energías limpias primer semestre 2018*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/418391/RAEL_Primer_Semestre_2018.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Energía [SENER] (2018c) *Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/325642/Prospectica_de_Energ_as_Renovables_2017-2031.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2015) *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030*. Disponible en e: http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacion/2015_indc_esp.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Capítulo 23

Los desafíos y acciones estatales ante un escenario de Calentamiento Global de 1.5 °C. Caso de estudio: Chihuahua

Esmeralda Cervantes Rendón

RESUMEN

El estado de Chihuahua se encuentra en el norte de México, su mayor grado de vulnerabilidad ante los diferentes escenarios de Cambio Climático, se encuentra en la disponibilidad y la calidad del agua. Por otra parte, el Reporte Especial de Cambio Climático de 1.5°C incluye los temas de 1) Entendiendo el calentamiento global de 1.5°C cambio climático proyectado, 2) impactos potenciales y riesgos asociados, 3) ruta de emisiones y sistemas de transición consistentes con el calentamiento global de 1.5°C y 4) fortalecimiento de la respuesta global en el contexto del desarrollo sostenible y el esfuerzo para erradicar la pobreza. En base a estos temas, se identificaron los desafíos generados ante un escenario de cambio climático de 1.5°C y las acciones que se han implementado hasta el momento, para la mitigación y adaptación en el estado de Chihuahua. Se encontraron avances en cuanto a diseño de políticas públicas que, hasta el momento, se han enfocado en estrategias de mitigación y proyectos como Tarahumara Sustentable, alcanzando un avance en la medición de la situación actual del estado y en la identificación de estrategias de mitigación y adaptación.

Palabras clave: Cambio climático; Vulnerabilidad hídrica; Vulnerabilidad agropecuaria; Estrategias de mitigación

ABSTRACT

The state of Chihuahua is located in northern Mexico, its greatest degree of vulnerability to different scenarios of climate change, are the availability and quality of water. On the other hand, the Special Report on Climate Change of 1.5° C includes the topics of 1) understanding the global warming of 1.5° C projected climate change, 2) potential impacts and associated risks, 3) consistent transition and transition systems pathway with the global warming of 1.5° C and 4) strengthening the global response in the context of sustainable development and the effort to eradicate poverty. Based on these issues, the challenges generated in a climate change scenario of 1.5°C were identified and the actions that have been implemented so far, for mitigation and adaptation in the state of Chihuahua. Advances were found in the design of public policies that until now have focused on mitigation strategies and projects such as Tarahumara Sustentable, reaching an advance in the measurement of the current situation of the state and in the identification of mitigation and adaptation strategies.

Keywords: Climate change; Water vulnerability; Agricultural Vulnerability;

Mitigation strategies

INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) a solicitud de la Conferencia de las Partes 21 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, generó el Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5ºC con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza, del cual aborda principalmente cuatro puntos:

- Entendiendo el Calentamiento Global de 1.5°C
- Cambio Climático proyectado, Impactos Potenciales y Riesgos Asociados
- Ruta de emisiones y Sistemas de Transición Consistentes con el Calentamiento Global de 1.5°C
- Fortalecimiento de la respuesta global en el contexto del desarrollo sostenible y el esfuerzo para erradicar la pobreza

Los aspectos de este reporte pueden ser aplicado a diferentes escalas, desde nacional hasta regional, ya que las estrategias locales se derivan de una estrategia nacional, para el caso de los estados es importante conocer la situación particular y los avances en cuanto a legislaciones que se han llevado a cabo, como ejemplo se discute el estado de Chihuahua que se encuentra al norte del país, colindando con Estados Unidos Americanos, es el 12.6% del territorio nacional, pero su población es de 3,556,574 personas, lo que representa el 2.97% de la población de México, de sus 67 municipios sólo cinco tienen una población mayor a los 50,000 habitantes, y el 63.8% se concentra en dos municipios, en Juárez que es la ciudad fronteriza y en la ciudad de Chihuahua que es la capital del Estado (INEGI, 2017) (Figura 1).

Los municipios con una menor densidad poblacional se encuentran en la zona serrana que abarca la parte suroeste del estado (Figura 1) y donde la mayor parte de su población es Tarahumara.

Ante los diferentes escenarios del cambio climático para el Estado de Chihuahua el mayor grado de vulnerabilidad se encuentra representado en la disponibilidad y la calidad del agua con énfasis para las actividades agrícolas; ya que las principales fuentes de agua son acuíferos y sólo cuenta con dos grandes fuentes superficiales, el Río Conchos y el Río Bravo, ambos afectados por los Tratados de Distribución de Agua 1906 y 1944 respectivamente, en donde se establece la manera de distribución entre México y Estados Unidos de América.

Figura 1. Mapa de ubicación del estado de Chihuahua con división municipal.

Fuente: INEGI, 2019, descargada de:
https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=08

Por lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo: Identificar los desafíos generados ante un escenario de cambio climático de 1.5°C y las acciones que se han implementado hasta el momento, para la mitigación y adaptación en el estado de Chihuahua.

EL ESTADO DE CHIHUAHUA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con las proyecciones de generación de GEI, se contempló que para el 2015 se tendría una emisión bruta de 25.85 Millones de Toneladas métricas de CO_{2e} ($MTmCO_2e$) (Chacón et al, 2010), que al compararlo con las emisiones brutas reportadas a nivel nacional para ese mismo año de 683 $MTmCO_2e$ (SEMARNAT e INECC, 2018), la generación del estado representa el 3.78% del total nacional.

En cuestión de medidas de mitigación, de acuerdo con el Inventario Nacional de Energías Limpias, Chihuahua tiene un potencial de generación de electricidad con cuatro tipo de energía limpia, siendo la biomasa (2.82 GWh/a), la geotérmica (138.85 GWh/a), hidráulica (258.58 GWh/a) y solar (2,404.01 GWh/a), de estas, la solar representa el 15.1% del potencial nacional (SENER, 2017), lo que la ubica como una de las prioridades en el diseño de estrategias a nivel nacional, estatal y municipal.

Dentro de las acciones que Chihuahua ha realizado ante el cambio climático y que han sido publicadas en documentos oficiales, se encuentran:

1. Emisiones de GEI en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia

1990-2025, publicado en junio de 2010.

2. Acuerdo de creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Chihuahua, publicado en el año 2012.
3. Ley de Cambio Climático Chihuahua, publicada en el 2013.
4. Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua, publicado en 2014.
5. Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua en 2016.

En general, los esfuerzos del estado se han enfocado a la mitigación, así como a la identificación de fuentes de generación de GEI, hasta el momento de esta publicación, todavía no se contaba con la tercera parte del Programa Estatal de Cambio Climático que estará enfocado en lineamientos de adaptación y, por lo tanto, en la identificación de los riesgos e impactos en la región. Sin embargo, por parte de la comunidad académica, así como desde la percepción de la sociedad, se observa una identificación de estos riesgos e impactos, que son de interés y preocupación de la comunidad.

CAMBIO CLIMÁTICO PROYECTADO, IMPACTOS POTENCIALES Y RIESGOS ASOCIADOS PARA EL ESTADO DE CHIHUAHUA

De acuerdo con Monterroso (2014) y colaboradores, Chihuahua cuenta con municipios con vulnerabilidad al cambio climático que va de alta a media en la zona serrana y en el centro y norte es de baja a muy baja, mientras que de la capacidad adaptativa el 23.36% es de capacidad media y el 1.49% baja, concentrándose la mayoría de nuevo en la zona serrana, destacando la población con mayor vulnerabilidad a los hogares con jefaturas femeninas, los indígenas y la población con pobreza alimentaria, y los municipios de Batopilas, Urique, Carichí, Morelos y Maguarichi mientras que los efectos de la vulnerabilidad hídrica tendrían repercusiones en la biodiversidad, en el sector forestal y agropecuario.

Es de especial interés la vulnerabilidad sobre el recurso hídrico superficial, ya que en el caso del Río Conchos se espera un decremento máximo de escurrimiento que va del 22% para el 2030, hasta el 28% para el 2100, considerándose la cuenca del Río Conchos con una muy alta vulnerabilidad, siendo esta cuenca la más importante para la Región Hidrológica-Administrativa VI Río Bravo, resaltando con una vulnerabilidad muy alta desde la zona centro y sur, principalmente por la sobreexplotación de acuíferos y las sequías (Rivas, 2015), en donde 15 de los 61 acuífero registrados, se encuentran en condiciones de sobreexplotación (CONAGUA, 2018).

En cuanto a los ciclos agrícolas, en general en el estado, se presenta una mayor vulnerabilidad global para los ciclos de Otoño-Invierno que los de Primavera-Verano, para los Distritos de Riego (DR) obteniendo diferentes valores, DR 005 Delicias con un valor de 70% quedando en una categoría Alta, mientras que el DR 009 Valle de Juárez con un 34% y categoría Baja, el DR 042 Buenaventura con 64%, en categoría Alta, el DR 083 Papigochi 90%, con categoría muy alta, el DR089 El Carmen con 60%

en categoría media, el DR090 Bajo Río Conchos con 42% en categoría media, el DR 103 Río Florido con 86% con categoría muy alta, en tanto la vulnerabilidad global de las unidades de riego para Chihuahua se encuentra con un valor de 72% con una categoría alta, todas bajo el escenario de emisiones RCP8.5 para fines de siglo (Ojeda et al, 2015).

Por otro lado, de acuerdo con el Atlas de Peligros Naturales para el Estado, los principales riesgos hidrometeorológicos son: inundaciones, nevadas, granizadas, sequías y las temperaturas extremas (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2017).

Con base a lo identificado en diferentes escenarios y modelos, que se plantean en los párrafos anteriores, se deduce que los principales riesgos potenciales para Chihuahua son:

1. Vulnerabilidad general en la zona serrana, en cuestión alimentaria y de población con baja oportunidad de adaptación.
2. Vulnerabilidad hídrica relacionada al incremento de la intensidad y periodos de sequias, así como la sobreexplotación de acuíferos.
3. Vulnerabilidad de las actividades agropecuarias.
4. Riesgos hidrometeorológicos

Sin embargo, es importante determinar el conocimiento y acciones que se han llevado por la sociedad, la academia y el gobierno. En el caso de la sociedad, se encontró un mayor interés por los temas de vulnerabilidad agrícola, en la academia, a partir del 2015, no se encontraron trabajos recientes relacionados a la identificación de riesgos hidrometeorológicos, mientras que por parte del gobierno se detectaron programas apoyados por el gobierno federal, estatal y con otras instituciones (Tabla 1). En un escenario de cambio climático de 1.5°C, se esperan cambios a mediano y largo plazo, aunque en menor escala que un escenario de 2°C; sin embargo, la población debe de tener identificados los riesgos a los que se puede enfrentar, o que se incrementarán con este escenario. De acuerdo a la Tabla 1, los principales riesgos se encuentran relacionados a eventos climáticos extremos, principalmente granizo, lluvias extremas y heladas que afectan tanto a la población como a la actividad agropecuaria -que también se ha visto afectada por el incremento de plagas y el uso de insecticidas-, así como un incremento en la sequía.

Otro punto importante, es el acceso al agua, que ya ha generado conflictos y que por las condiciones de la región, se espera que su disponibilidad sea menor, incrementando la vulnerabilidad de la población de la zona serrana, tanto por los siniestros agrícolas como por el incremento en la deforestación y su menor capacidad para enfrentarse a eventos climáticos extremos.

Por otro lado, se observa que los esfuerzos y trabajos de investigación académica se han manejado sobre situaciones puntuales, en estos falta una visión holística que genere estrategias de adaptación, que considere factores sociales, ambientales y económicos, pero esta visión sí se ha logrado en la generación de los diferentes

documentos oficiales como los Programas Estatales de Cambio Climático en donde se ha visto una participación activa de la academia.

RUTA DE EMISIONES Y SISTEMAS DE TRANSICIÓN CONSISTENTES CON EL CALENTAMIENTO GLOBAL DE 1.5 °C

De acuerdo con el informe especial del IPCC, las emisiones antropogénicas netas de CO_2 deben de disminuir alrededor del 45% de los niveles del 2010 para el 2030, alcanzando el cero neto para el 2050 (IPCC, 2018). Para Chihuahua, se tienen los datos del CO_2 equivalente (CO_2e) que incluye las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF6) en base al consumo energético, de acuerdo con datos del 2005, el sector transporte (28.5%, 5.6 $MTmCO_2e$) y el sector suministro eléctrico (30.1%, 5.9 MTmCO2e) son los mayores generadores de GEI.

Tabla 1. Desafíos y acciones relacionados a los impactos y riesgos por el Cambio Climático en el Estado de Chihuahua.

Desafíos e Impactos	Acciones y/o percepciones		
	Sociedad	Academia	Gobierno
Vulnerabilidad en la zona serrana	Se han realizado eventos que consideran a las mujeres trabajadoras del campo, reconociendo su importancia para la seguridad alimentaria y para generar estrategias de adaptación.	Análisis de la perspectiva de género en la experiencia del proyecto de Sistemas Silvopastoriles en la zona serrana (Ayala et al, 2016)	En el estado se tiene el programa Área de Acción Prioritaria REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación).
	Se consideran que la tala excesiva y los incendios forestales deben de ser considerados como focos de atención.	Estudio de la vulnerabilidad social en la comunidad tarahumara "San Andrés" del municipio de Hidalgo del Parral, Chihuahua (Espino, 2015)	
	Es crítica la situación que enfrenta la comunidad tarahumara, teniendo inviernos como el del 2017 sin una cosecha de maíz. Así como el incremento de su migración.	Preocupación por la migración debida al Cambio Climático en especial de las zonas rurales, situando al estado de Chihuahua con un nivel de vulnerabilidad Alto (Aldo y Ordaz, 2011 citado en Ochoa y Ayvar, 2015)	Proyecto federal Gestión integrada del Territorio para la conservación de la biodiversidad en Áreas de Protección y Producción en la Sierra Tarahumara, Chihuahua (Tarahumara Sustentable).
	Poca importancia al incremento de plagas en los bosques, solamente una nota sobre incremento de avispas.	Riesgos forestales relacionados con el incremento de plagas como insectos descortezadores (Del-Val y Sáenz, 2017) como barrenadores, defoliadores y muérdagos (Sosa et al, 2018).	

Vulnerabilidad hídrica	Se tiene una preocupación tanto por el Río Bravo como por la cuenca del Río Conchos. Mencionan los trabajos y esfuerzos realizados aterrizados en el "Plan Estatal Hídrico 2040"	La mayor preocupación es sobre la cuenca del Río Conchos (Sayto et al, 2017, González y Montero, 2018 y Montero e Ibáñez, 2017)	El gobierno estatal desarrollo en conjunto con otras instancias el "Plan Estatal Hídrico 2040"
	Los temas de mayor interés son la sobreexplotación de acuíferos, la escasez y el acceso del agua tanto para la agricultura como la población.	Análisis de la sequía para la región noroeste del estado (Villazón et al, 2016)	
Vulnerabilidad agropecuaria	Sobre el tema ganadero, la preocupación se enfatiza en la degradación de los pastizales. Por su parte las cosechas han sufrido siniestros relacionados con el cambio climático, en donde ya se han beneficiado agricultores con un Seguro Catastrófico.	En cuestión ganadera se tienen análisis sobre vacacría (Zuluamy et al, 2017) y la producción de becerros (Callejas et al, 2015)	Por parte del gobierno federal se cuenta con el Apoyos al Componente Atención a Siniestros Agropecuarios.
	Un problema mencionado reiteradamente es la disminución de abejas y por tanto de la producción de miel en el estado, relacionada al cambio climático y otros factores como el uso de insecticidas.	En temas agrícolas se han enfocado a cultivos específicos como la avena forrajera de temporal (Villazón et al, 2017) y el chile (Medina et al, 2017).	
	Las preocupaciones se relacionan tanto a los cambios en las estaciones, el incremento o aparición de nuevas plagas y/o eventos climáticos extremos.		
	Se visualiza la necesidad de la tecnificación para un uso sustentable del agua en el campo, así como la búsqueda de otros tipos de cultivos que sean de mejor resistencia a las condiciones de la región.		

Riesgos hidro-meteorológicos	Perciben un cambio en las estaciones del año y en las temperaturas máximas y mínimas.	No se encontraron publicaciones relacionadas durante el periodo del 2015 al 2018.	Por parte del gobierno estatal desarrollo el Atlas de Peligros Chihuahua 2017
	Los eventos climáticos extremos de mayor preocupación son las lluvias intensas, las granizadas y la sequía.		

Fuente: Elaboración propia con información bibliográfica y hemerográfica[1] y documentos oficiales.

Para Chihuahua, se tienen los datos del CO_2 equivalente (CO_2e) que incluye las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF6) en base al consumo energético, de acuerdo con datos del 2005, el sector transporte (28.5%, 5.6 MTmCO_2e) y el sector suministro eléctrico (30.1%, 5.9 MTmCO2e) son los mayores generadores de GEI.

En el caso de las emisiones netas de MTmCO2e en el estado, se proyecta que incrementen del 2010 al 2025 en un 68.22%, pasando de 14.16 MTmCO2e a 23.82 MTmCO2e, en la proyección el sector suministro energético y transporte continúan siendo las de mayor aporte, sin embargo, también contribuyen la agricultura y el sector industrial (Figura 2) (Chacón et al, 2010), por lo que los sectores mencionados deben de tenerse en mayor consideración para la generación de estrategias de mitigación y rutas de transición energética. En el caso del sector Residencial, Comercial e Industrial (RCI), se refiere a la quema de combustible en calefacciones, cocinas, calentadores de agua, procesos industriales, entre otros.

Para tal efecto el Programa Estatal de Cambio Climático (2014) identificó las políticas de mitigación pertinentes para el estado de Chihuahua, mediante grupos de trabajo, agrupándolas en cinco sectores: 1) Residencial, comercial e industrial, 2) Suministro de energía, 3) Transporte, uso de suelo y desarrollo urbano, 4) Agricultura, silvicultura y manejo de residuos sólidos y 5) Temas transversales, proponiendo políticas públicas para cada sector con temporalidad de corto, mediano y largo plazo, en donde se incluye la participación de los tres sectores, sociedad, academia y gobierno, se conjuntaron 109 propuestas de políticas de mitigación (Legarreta et al, 2014).

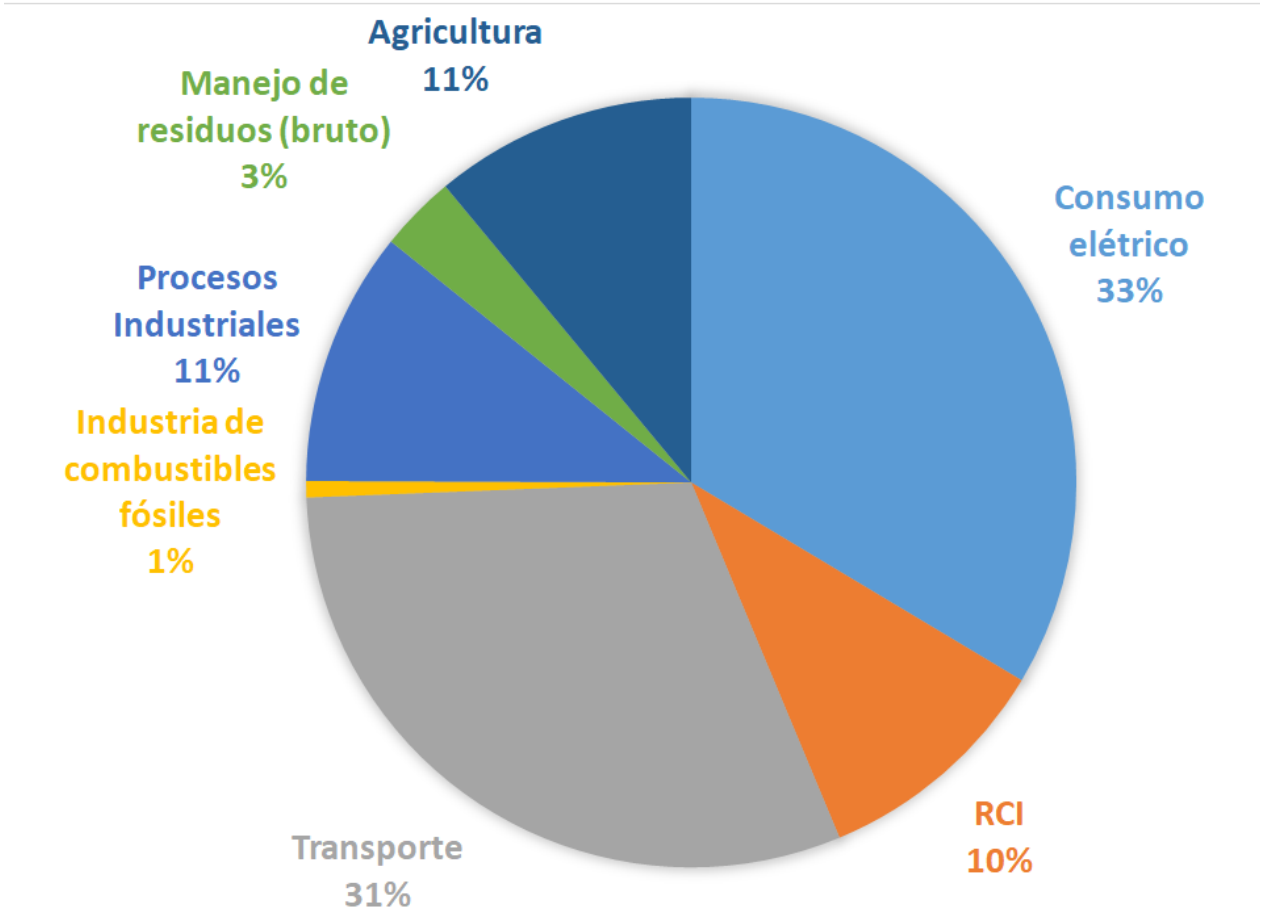
De estas 109 propuestas de políticas de mitigación, 33 fueron evaluadas desde aspectos ambientales y socioeconómicos, que en el caso del cumplimiento de éstas se lograría una reducción de hasta 2,940.2 MTmCO_2e, lo que representaría un 12.4% menos anual del valor proyectado (PECC, 2016), aun cuando los principales

1 Para conocer la información que es compartida con la sociedad, se realizó un análisis de las notas hemerográficas en el período comprendido entre el 01 de diciembre de 2015 al 06 de enero de 2019, con el término de búsqueda "cambio climático", de los resultados obtenidos se revisaron y seleccionaron solamente las notas relacionadas con el tema y que no solamente fuera una mención sin una relación directa, obteniendo un total de 528 notas, de las cuales se presenta, de una manera sintética, las temáticas abordadas en cada uno de los desafíos e impactos. Esta búsqueda se realizó en la base de datos hemerográfica del estado de Chihuahua INPRO, consultado en http://www.inpro.com.mx/sitio/portal/inicio.jsp

generadores son el sector eléctrico y transporte, el mayor porcentaje de mitigación se encontraría en el sector Residencial, Comercial e Industrial (RCI), con el 75% (Figura 3).

Para el sector de generación de energía destacan las políticas enfocadas en: la generación de energía por celdas fotovoltaicas, residuos forestales, gas natural y mini hidroeléctricas. Para el sector transporte las políticas se enfocan en: sustitución de autobuses urbanos, capacitación para un manejo eficiente, programa de autos eficientes y consumo de bioetanol. En el sector agrícola se mencionan: la sustitución de fertilizantes inorgánicos por orgánicos, reconversión de cultivos, biodigestores, producción de bioetanol, mejoras en la silvicultura y manejo de agostaderos.

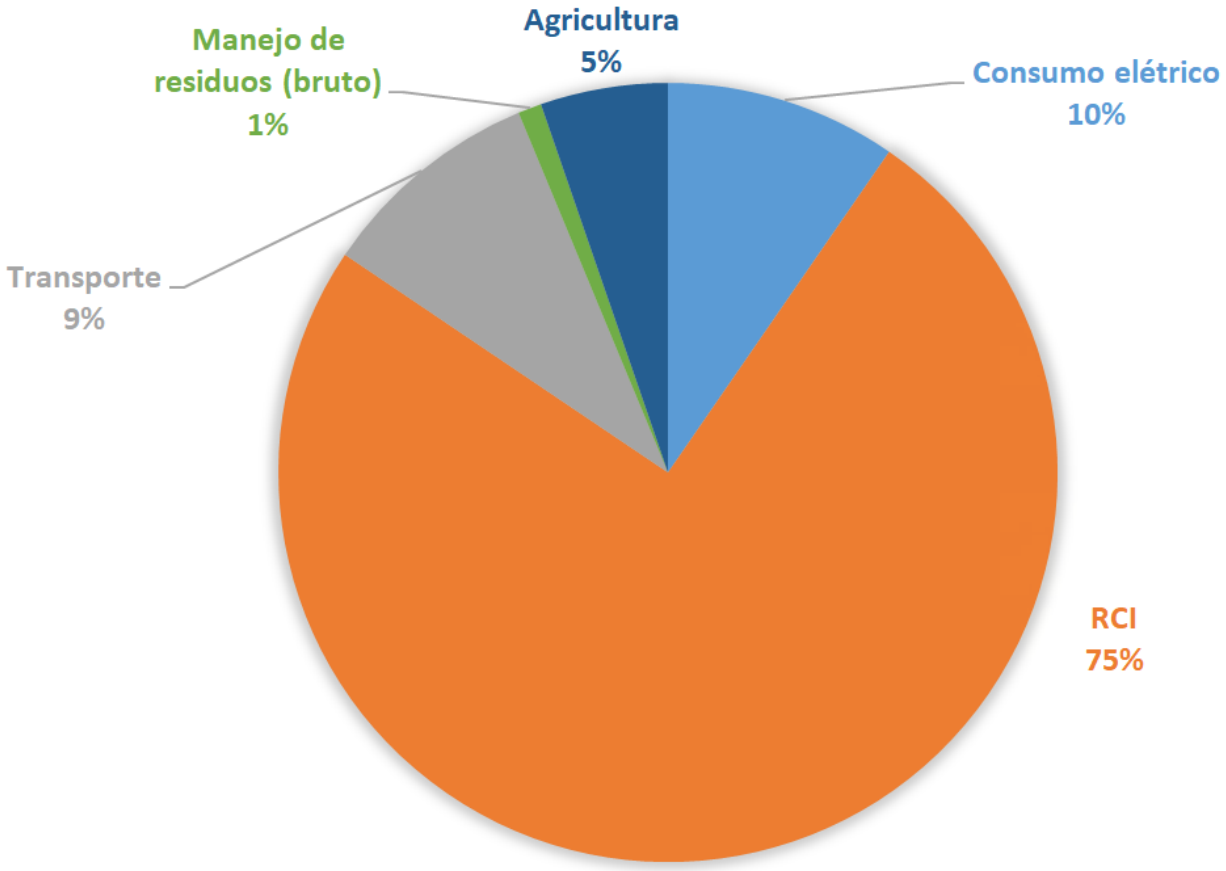
Figura 2. Proyección de Generación en base a consumo energético de Millones de Toneladas métricas (MTm) de CO_2e para el año 2025 en el estado de Chihuahua



Fuente: Elaboración propia, con datos del reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chihuahua y Proyecciones de Casos de Referencia 1990-2025 (Chacón et al, 2010).

Por su parte, para el sector Residencial, Comercial e Industrial, con 16 políticas de mitigación, están las que: se relacionan con el ahorro y uso eficiente de energía en lo residencial, por medio de construcción con materiales aislantes, uso de calentadores de paso. En la industria se enfoca en: la eficiencia de maquinaria, motores e iluminación; y, en el sector agricultura se centra en: la eficiencia de los equipos de bombeo, por otro lado, las políticas también se relacionan con el uso de sistemas de energías renovables como los calentadores solares en la vivienda, hoteles y restaurantes (PECC, 2016).

Figura 3. Porcentaje de abatimiento de 2,940.2 MTmCO_2e para el 2025 en base a 33 políticas de mitigación.



Fuente: Elaboración propia con datos del Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua. Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI, 2016.

El PECC (2016), en cada política establece el porcentaje mínimo de aplicación para alcanzar la mitigación proyectada, e identificó que el 85% tiene un costo de efectividad menor a cero, lo cual representa un ahorro. Sin embargo, se requiere una

inversión inicial para la implementación y para la concientización de los usuarios, ya que el mayor esfuerzo se está enfocando a la población en general y a la industria, por ello, es necesario contar con los apoyos gubernamentales para realizar los cambios, tanto para equipo y transporte más eficiente, como para generar una conciencia de ahorro y uso eficiente de energía.

Por ejemplo, en las medidas para el sector RCI, que además representa el mayor ahorro, 14 de las 16 de políticas, se relacionan con el uso eficiente: inversión para una construcción y equipo eficiente de la energía, con lo que, en el año 2025, se lograrían 1.71 MtmCO_2e, que equivalen al 78% del total reducido.

En cuestión de generación de energía renovable, Chihuahua tiene su mayor potencial en la energía solar, proyectándose que el 15% a nivel nacional puede ser producido en el estado (SENER, 2017), lo que representa una fuente de inversión y aportación a las estrategias de mitigación del país.

Si se quiere llegar a un escenario de disminución de emisiones de CO_2 del 45%, como lo menciona el reporte especial del IPCC, es necesario que el gobierno del estado se comprometa con acciones que tengan un mayor impacto en la disminución de GEI, como es el caso del transporte, y pensar en la aportación que realiza el estado a nivel nacional y el potencial que tiene en cuanto a generación de energía con sistemas renovables en especial la energía solar.

FORTALECIMIENTO DE LA RESPUESTA GLOBAL EN EL CONTEXTO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LOS ESFUERZOS PARA ERRADICAR LA POBREZA

Los lineamientos que se presentan en el Informe Especial de Cambio Climático de 1.5°C, que parten del Acuerdo de París, establecen una estrategia global que funciona con los compromisos nacionales adquiridos por las Partes y que a su vez, estos deben de ser implementados de manera estatal y regional. En ese sentido, en Chihuahua ya se han realizado avances en la definición e implementación de esta política, tanto desde el sector gobierno, como en el impulso a programas conjuntos con otras instituciones, con lo cual se genera el mensaje sobre la importancia de la aplicación y diseño de estrategias a nivel regional, con el fin de lograr los objetivos nacionales y globales.

De acuerdo con el Informe Especial de Cambio Climático de 1.5°C, es crítica la cooperación internacional para apoyar a los países en desarrollo y con mayor vulnerabilidad, señala retos para la definición de estrategias locales de adaptación y mitigación que se implementen de una manera participativa e integrada, que considere las sinergias de los Objetivos de Desarrollo Sostenible con el fin de combatir la pobreza y desigualdad, de esta manera, tendrá una mayor oportunidad de éxito de una manera local que generará un impacto global (IPCC, 2018).

En cuanto a la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030, Chihuahua fue el primer estado en incorporarlos en su Plan Estatal de Desarrollo junto con un Subcomité Especial de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en cuestión legislativa es un gran avance para el estado (Gobierno del

estado de Chihuahua, 2017).

De acuerdo con el Índice de Ciudades Sostenibles 2018, las dos zonas metropolitanas del Estado: la ciudad de Chihuahua (posición 4 de 56) y Juárez (posición 13 de 56), se encuentran calificadas por encima de la media nacional. Cabe destacar que Juárez es el único municipio del Estado que tiene un plan desarrollado para cumplir con la agenda 2030. En este plan se establecen 18 Objetivos de Desarrollo Sostenible (16 alineados a los Objetivos internacionales, exceptuando el 14. Vida marina, ya que no aplica a la región e incorporando dos más: 18. Actividad física para todas las personas y 19. Estimular las manifestaciones artísticas) en donde se trabajan y adaptan las metas establecidas internacionalmente a la realidad de Ciudad Juárez, es importante destacar que el documento incluye también los indicadores para medir el cumplimiento de cada meta, con el resultado del estado actual y el valor de la meta establecida en el plan 2030 (Juárez 2030 Plan para una ciudad sostenible, 2018)

En el caso de la población vulnerable del estado de Chihuahua, la comunidad indígena Tarahumara cuenta con una alta vulnerabilidad para el cambio climático, para la cual se han desarrollado programas de apoyo que, hasta el momento no han sido suficientes, dentro de los esfuerzos destacan el programa "Tarahumara Sustentable", en donde se desarrollaron indicadores para determinar la sustentabilidad de la Sierra Tarahumara, estos indicadores incluyeron los temas forestales, ambientales, socioeconómicos y de gobernanza (Pinedo et al, 2016), en la primera etapa del proyecto lograron identificar los indicadores para poder determinar la sustentabilidad de la zona, y en base a los resultados determinar las estrategias necesarias para llegar a esta sustentabilidad.

Como se ha mostrado, existen avances en diferentes sectores, sin embargo, hasta este momento los esfuerzos apenas llegan a la primera etapa ,que es la identificación de su situación actual y a la elaboración de metas con indicadores que logren definir el alcance de cada meta, por lo que para pasar a las siguientes etapas de aplicación, es necesario el apoyo gubernamental y de inversión de diferentes sectores que logren el cumplimiento de las metas y no se queden solamente como estrategias diseñadas en un documento.

CONCLUSIONES

Un plan de acción global como el establecido en el Acuerdo de Paris, requiere de una estrategia mundial que pueda ser aplicada a nivel nacional y adaptada en una escala regional. El Reporte Especial de Cambio Climático 1.5°C establece una clara definición de la diferencia entre un escenario de 1.5°C al de 2°C, desde los cambios de estrategias para la adaptación y mitigación y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pero al realizar el análisis de una región, como el Estado de Chihuahua, en dónde, aunque se identificaron avances en el ámbito académico, en las políticas públicas y la existencia de información disponible para la sociedad; a pesar de este esfuerzo realizado y el conocimiento disponible, aún así falta una mayor acción de estos tres sectores. Y es que los escenarios climáticos, que una vez fueron futuros, ya nos están alcanzando y ya no serán suficientes los planes y estrategias si estos no

llegan a aplicarse.

Los factores que destacan para una correcta implementación son la inversión, la concientización de todos los sectores y el trabajo colaborativo entre sectores con una visión holística del problema y de la situación del estado de Chihuahua a nivel nacional y global, es decir actuar desde una perspectiva regional con una visión del impacto global.

Agradecimientos

La autora agradece a la Red Temática CONACYT de Sustentabilidad Energética, Medioambiente y Sociedad, No. de proyecto CONACYT 293876, por el apoyo para el acceso a la base de datos INPRO y al Apoyo recibido por el Reconocimiento de Profesores de Tiempo Completo con Perfil Deseable del Programa para el Desarrollo Profesional Docente para Tipo Superior-DSA-SES-SEP, solicitud 215378.

FUENTES DE CONSULTA

Ayala, M.R., Gutiérrez, V. y Zapata, E. (2016) Género, cambio climático y REDD+: experiencias en el tiempo. *Terra Latinoamericana*, 34, 139-153

Callejas, N., Ortega, J.A., Domínguez, J. y Rebollar, S. (2015) La producción de becerro en Chihuahua: un análisis económico marginal. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19 (2), 51-66.

CONAGUA. (2018). Volumen de acuíferos (2018) Chihuahua. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), consultado en: http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos&n=estatal (27 de mayo de 2019).

Chacón, D., Giner, M.E., Vázquez, M., Roe, S.M., Maldonado, J.A., Lindquist, H., Strode, B., Anderson, R., Quiroz, C., Schreiber, J. (2010) *Emisiones de gases de efecto invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025*. Ciudad Juárez, Chihuahua: Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza

Del-Val, E. y Sáenz, C. (2017) Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectiva en los bosques templados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 20 (2), 53-60. doi: 10.1016/j.recqb.2017.04.006

Espino Ríos, L.M. (2015) *Vulnerabilidad social ante el cambio climático en el asentamiento tarahumara "San Andrés", Hidalgo del Parral, Chihuahua*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California Sur). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/327848496_VULNERABILIDAD_SOCIAL_ANTE_EL_CAMBIO_CLIMATICO_EN_EL_ASENTAMIENTO_TARAHUMARA_SAN_ANDRES_HIDALGO_DEL_PARRAL_CHIHUAHUA (27 de mayo de 2019).

Índice de Ciudades Sostenibles (2018) Desafíos, rumbo al 2030, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en las zonas metropolitanas de México. Citibanamex. Disponible en: http://indicedeciudadessostenibles2018.lnpp.cide.edu/assets/

documentos/Reporte_completo.pdf (27 de mayo de 2019).

INEGI (2017) *Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua*. Aguascalientes, México: INEGI, 567 pp.

IPCC (2018) *Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

Gobierno del estado de Chihuahua. (2017) Atlas de Peligros Naturales para el estado de Chihuahua, consultado en: http://www.chihuahua.gob.mx/info/atlas-estatal (27 de mayo de 2019).

Gobierno del estado de Chihuahua (2017) Marca Chihuahua rumbo para el Desarrollo Sostenible (18 de octubre de 2017). Disponible en: http://www.chihuahua.gob.mx/marca-chihuahua-rumbo-para-el-desarrollo-sostenible (27 de mayo de 2019).

González, R. y Montero, M. (2018) Effects of climate change on the environmental flows in the Conchos River (Chihuahua, Mexico). *Ecology & Hydrology*, 18 (4), 431-440. doi: 10.1016/j.ecohyd.2018.10.004

Juárez 2030. Plan para una ciudad sostenible. Disponible en: http://juarez2030.mx/wp-content/uploads/2018/11/juarez2030_291118.pdf (27 de mayo de 2019).

Legarreta, I., Vázquez, M.E., Balarezo, T., Cital, P., Herrera, E.F. y Rubalcaba, S. (2014) *Programa Estatal de Cambio Climático del Estado de Chihuahua: identificación de políticas de mitigación de gases de efecto invernadero*. Ciudad Juárez, Chihuahua: Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza.

Medina, G., Mena, J., Ruiz, J.A., Rodríguez, V.M. y Soria, J. (2017) El cambio climático afecta el número de horas de los rangos térmicos del chile en el norte-centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (8), 1797-1812. Recuperado de http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/703/554 (27 de mayo de 2019).

Montero, M.J. e Ibáñez, O.F. (coord.) (2017) *La cuenca del Río Conchos: una mirada desde las ciencias ante el cambio climático*. México: CONACYT, UACJ, SEMARNAT e IMTA. Recuperado de http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1833 (27 de mayo de 2019).

Monterroso R. A., A. Fernández E., R. I. Trejo V., A. C. Conde A., J. Escandón C., L. Villers R. y C. Gay G. (2014) Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://atlasclimatico.unam.mx/VyA (27 de mayo de 2019).

Ochoa, L.E. y Ayvar, F.J. (2015) Migración y cambio climático en México. *Revista*

CIMEXUS. 10 (1), 35-51

Ojeda, W., Flores, J., Ontiveros, R.E. y Íñiguez, M. (2015) Vulnerabilidad de la agricultura de riego mexicana al cambio climático: actualización 2014. En Felipe I. Arreguín C., Mario López P., Olivia Rodríguez L. y Martín José Montero M. (coord.), *Atlas de vulnerabilidad hídrica ante el cambio climático* (101-132). Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

PECC (2016) Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua. Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI. Chihuahua: COCEF, Gobierno del estado de Chihuahua, El Colef y LARCI. Disponible en: https://cambioclimatico.gob.mx/wp-content/uploads/2018/11/Documento-1-Programa-Estatal-de-Cambio-Clim%C3%A1tico-de-Chihuahua-2016.pdf (27 de mayo de 2019).

Pinedo, C., Melgoza, A., Villarreal, F., Pinedo, A. Rentería, M., Rodríguez, S., Esparza, E., Martínez, M., Rivero, O., Aguilar, V.M., Morales, C., Prieto, A., Rodríguez, D.K. y Arreola, M.E. (2016) *Producir información de línea base para el Sistema de Monitoreo de Datos e Información de la Sierra Tarahumara (SMDI-ST) y para el monitoreo de los indicadores del proyecto Tarahumara Sustentable*. (Informe técnico final para el proyecto Tarahumara Sustentable). Chihuahua: UACH.

Rivas, I. (2015) Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México (agua superficial). En Felipe I. Arreguín C., Mario López P., Olivia Rodríguez L. y Martín José Montero M. (coord.), *Atlas de vulnerabilidad hídrica ante el cambio climático* (89-100). Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Sayto, D., Silva, H., Sandoval, S. Álvarez, C. y Herrera, E. (2017) Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 72, 53-61

SEMARNAT e INECC (2018) *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015*. México: SEMARNAT e INECC.

SENER (2017) Inventario Nacional de Energías Limpias. Análisis de proyectos potenciales para la generación de electricidad por energías limpias. Actualizado el 30 de septiembre de 2017, consultado en https://dgel.energia.gob.mx/inel/mapa.html?lang=es#tab-capacidad (27 de mayo de 2019).

Sosa, L. Méndez, J., García, M.A., Cambrón, V.H., Villarreal, J.A., Ruiz, C.G. y Montoya, J.C. (2018) Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales,* 9 (47), 187-208. doi: 10.29298/rmcf.v9i47.159

Villazón, D., Rubio, H.O., Ortega, J.A., Rentería, M., González, L.C. y Pinales, A. (2016) Análisis en series de tiempo para el pronóstico de sequía en la región noroeste del estado de Chihuahua. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3 (9), 307-315. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282016000300307&script=sci_arttext&tlng=en (27 de mayo de 2019).

Villazón, D., Rubio, H., Ochoa, J.M. y De la Mora, C. (2017) Pronóstico productivo

de la avena forrajera de temporal por efecto del cambio climático en el noroeste de Chihuahua, México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 19 (2), 551-567. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v9n19/2007-0705-ns-9-19-00551.pdf

Zuluamy, I., Iglesias, E., Méndez, G., Esparza, M.E. y Santellano, E. (2017) Modelado de riesgo para el sistema vaca-cría del estado de Chihuahua utilizando indicadores socioeconómicos y ambientales. *Rev Mex Cienc Pecu*, 8 (2), 193-200. doi:10.22319/rmcp.v8i2.4443

Capítulo 24

Valoración del impacto climático en las principales ciudades de la frontera norte de México

Liliana Rivera-Lozano, Felipe Adrián Vázquez-Gálvez y Alfredo Granados-Olivas

RESUMEN

Se evaluó el impacto del cambio climático para escenarios de forzamiento RCP 4.5 y 8.5 de los siguientes 15 y 100 años en las ciudades de Tijuana, Mexicali, Nogales, Heroica Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo y Heroico Matamoros las cuales están localizadas en la región fronteriza entre México y Estados Unidos. Para esto, se calcularon las anomalías mensuales del porcentaje de precipitaciones y de variación de temperaturas. Posteriormente, se compararon las tendencias obtenidas para cada localidad bajo escenarios optimistas de bajo forzamiento radiativo con escenarios severos que implican el aumento de temperaturas promedio superiores al 1.5° C por encima de niveles preindustriales de acuerdo con el reporte especial de la elevación de la temperatura del IPCC. Finalmente, en vista de los resultados obtenidos y tomando en cuenta que la actividad económica de estas ciudades se centra en la industria maquiladora, se proponen tres estrategias de adaptación que buscan transformar los paradigmas actuales y encaminar a la comunidad hacia un desarrollo más sustentable, capaz de brindar bienestar y estabilidad económica a largo plazo para toda la región.

Palabras Clave: Anomalía, escenario de cambio climático, precipitación, resiliencia, temperatura.

ABSTRACT

The impacts of climate change over the next 15 and 100 years was asses for the cities of Tijuana, Mexicali, Nogales, Heroic Juárez City, Piedras Negras, Nuevo Laredo and Heroic Matamoros which are located along the U.S.-Mexico borderline. Therefore, the monthly anomalies of percentage of precipitation and temperature variations were calculated for climate scenarios with radiative forcing RCP 4.5 and 8.5. Subsequently, the projected trends for each location under optimistic impact scenarios of low CO_2 emissions were compared with severe scenarios that imply the increment of average global temperatures over 1.5° C above pre-industrial levels according to the special report sr15 of the IPCC. Finally, in view of the results and since the main economic activity of these cities is mainly focused on the maquiladora industry. We propose three adaptation strategies to be implement immediately in order to generate an unprecedented transformation of current paradigms, and steer the community

towards a more sustainable development, capable of providing long-term economic stability and well-being for the entire region.

Key words: Anomaly, climate change scenario, precipitation, resilience, temperature.

INTRODUCCIÓN: IMPACTOS GENERALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN UN CONTEXTO GLOBAL

El estudio aquí presentado surge dentro del margen de acción planteado por el reporte especial de la elevación de la temperatura emitido por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) el pasado 8 de octubre del 2018. El cual ofrece una evaluación formal del actual riesgo ambiental, social, y económico que implicará el sobrepasar el umbral de temperatura promedio global 1.5°C por encima del nivel preindustrial como resultado de la interferencia de las actividades humanas en el sistema. La intención del reporte especial de la elevación de la temperatura, es realizar un llamado urgente a tomadores de decisiones alrededor del mundo especificando dos metas concisas para prevenir un escenario de impacto ambiental catastrófico e irreversible, tanto para los diversos ecosistemas del planeta como para el bienestar de la humanidad. Siendo la primera meta, reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI´s) en un 45% dentro de los próximos 12 años, seguido de alcanzar el 0% de emisiones para el 2050 mediante el uso de técnicas de remediación (IPCC, 2018).

A través de las más de 6000 revisiones científicas con las que contó el reporte especial del IPCC, se estima que, de no alcanzar a cumplir dichas metas, la probabilidad de que el Océano Ártico se deshiele por completo aumenta su frecuencia diez veces, siendo altamente posible que ocurra este evento una vez por década, trayendo consigo el desastroso impacto para las comunidades costeras del aumento del nivel del mar. Así mismo, disminuirá drásticamente el margen de adaptación para especies y complejos ecosistemas tales como los arrecifes coralinos de los cuales se espera una desaparición del 99% generando así, una ruptura irremediable de la cadena alimenticia de los océanos. En adición a el incremento en frecuencia e intensidad de adversos impactos climáticos los cuales se enlistan detalladamente en el reporte técnico del reporte especial de la elevación de la temperatura del IPCC (Allen, de Coninck, Dube, Hoegh-Guldberg, Jacob, Jiang, Revi, Rogelj, Roy, Shindell, Solecki, Taylor, Tschakert, Waisman, Halim, Antwi-Agyei, Aragón-Durand, Babiker, Bertoldi, Bindi, Brown, Buckeridge, Camilloni, Cartwright, Cramer, Dasgupta, Diedhiou, Djalante, Dong, Ebi, Engelbrecht, Fifita, Ford, Forster, Fuss, Ginzburg, Guiot, Handa, Hayward, Hijioka, Hourcade, Humphreys, Kainuma, Kala, Kanninen, Kheshgi, Kobayashi, Kriegler, Ley, Liverman, Mahowald, Mechler, Mehrotra, Mulugetta, Mundaca, Newman, Okereke, Payne, Perez, Pinho, Revokatova, Riahi, Schultz, Séférian, Seneviratne, Steg, Suarez, Sugiyama, Thomas, Vilariño, Wairiu, Warren, Zickfeld y Zhou, 2018a).

Finalmente, el reporte especial de la elevación de la temperatura propone la implementación de diversas estrategias de adaptación y mitigación de impacto climático para fortalecer la respuesta a nivel local y global a la inminente amenaza del cambio climático (Rogelj, Shindell, Jiang, Fifita, Forster, Ginzburg, Handa,

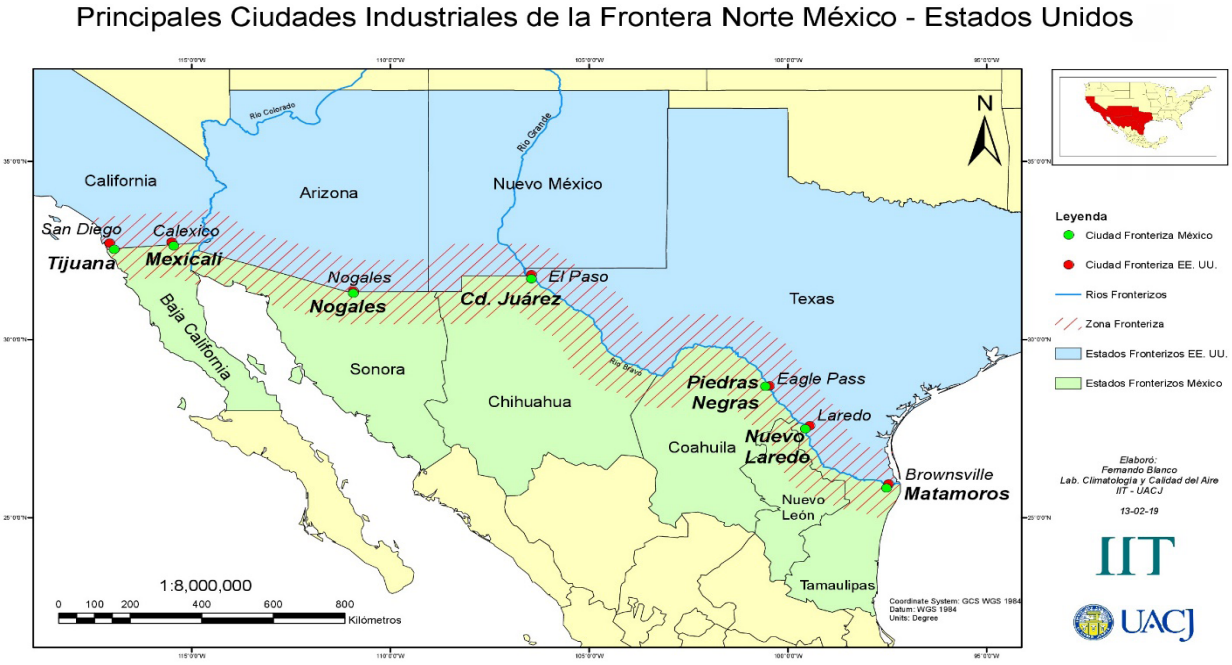
Kheshgi, Kobayashi, Kriegler, Mundaca, Séférian y Vilariño, 2018). Motivo por el cual mediante este documento pretendemos ofrecer una valoración de los posibles escenarios de impacto ambiental para los siguientes 15 y 100 años sobre la región fronteriza industrial del norte de México. De tal forma que nos permita apreciar la urgencia de diseñar e implementar estrategias de resiliencia y remediación adecuadas a las condiciones geopolíticas, económicas y climáticas del área en cuestión. Para así ser capaces de proponer una transición integral al uso de tecnologías sustentables para la producción de energía, el desarrollo de eficientes medios de transporte masivo y asegurar el acceso a recursos naturales indispensables como el agua potable sin poner en riesgo el frágil estado de vulnerabilidad de comunidades rezagadas dentro de una economía que aún se encuentra en vías de desarrollo (Dorocki y Brzegowy, 2014).

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN FRONTERIZA INDUSTRIAL DEL NORTE DE MÉXICO

La frontera norte de México une y divide a dos países que por muchos años han mantenido una asimetría económica, junto con grandes retos en materia de seguridad y comercio. La descripción más simple de la realidad fronteriza es que, si bien algunas de las comunidades más pobres de los Estados Unidos se localizan en esta región, la migración proveniente del sur de México continúa a un ritmo acelerado. Antes de la última recesión en los Estados Unidos la frontera norte de México fue una de las regiones de mayor crecimiento demográfico del país. A partir de 1965 se han instalado en la región más de 5,055 plantas maquiladoras que generan cerca de 2,000,247 empleos (Dorocki y Brzegowy, 2014). Lo cual, permitió amortiguar la crisis económica de México durante el periodo 1980 al 2000. (Ver Figura 1)

Las cuencas fronterizas suelen funcionar como ciudades hermanas dentro de una relación simbiótica en el desarrollo comercial, tecnológico y sociocultural. Dentro de las principales cuencas binacionales con un mayor peso económico en el área se distinguen las ciudades de Tijuana-San Diego y Mexicali-Calexico entre los estados de Baja California y California. Siendo Tijuana el puerto fronterizo más próspero de la frontera entre México y Estados Unidos con cerca de 1,148,681 habitantes del lado mexicano y el mayor número de cruces de mercancía y personas debido al hecho de que su principal actividad económica es la industria maquiladora de Tijuana y el trabajo agrícola en la región norte de San Diego. Seguida de cerca en importancia comercial, con un tamaño poblacional superior de más de 2,200,000 habitantes en conjunto se encuentra la metrópoli de Ciudad Juárez-El Paso, localizadas en los estados de Chihuahua y Texas, con millones de cruces diarios de peatones y vehículos por sus puentes (García, 2007). Los puertos de Nogales-Nogales, entre Sonora y Arizona, y Piedras Negras-Eagle Pass en Coahuila y Texas y, finalmente, Nuevo Laredo-Laredo y Heroico Matamoros-Brownsville entre Tamaulipas y Texas son pequeños en comparación, pero comparten características similares con las fronteras de Tijuana y Ciudad Juárez; ya que sus economías depende en gran medida de la inversión extranjera proveniente de la industria maquiladora convirtiéndolos así en útiles vías de terrestre de transporte masivo de materias y bienes que fluyen constantemente entre ambas naciones (Bradley, Gray, Castañeda y Bolm, 2002) y (Dorocki y Brzegowy, 2014).

Figura 1. Ciudades Industriales de la Frontera México - Estados Unidos



Mapa de las principales ciudades industriales localizadas a lo largo de la frontera entre los Estados Unidos Mexicanos y Estados Unidos de Norte América.

Las ciudades fronterizas cuentan con una gran interdependencia y sus capacidades de resiliencia están íntimamente vinculadas a la operación local de jurisdicciones y sus relaciones internacionales. Más aún, en términos de materia medio ambiental, la cooperación binacional ha ayudado a fortalecer la operación de estructuras de monitoreo ambiental, remediación, protección de especies nativas y saneamiento básico a nivel municipio-condado. Ha promovido la participación y empoderamiento de la sociedad en esquemas como el Programa Frontera 2020 actualmente operado por el NABD – Banco para el Desarrollo de Norte América, a partir del cierre de la COCEF en 2017 (NADB, 2019) y (EPA y SEMARNAT, 2019). La plataforma de cooperación permite el desarrollo de acciones relevantes para la adaptación al cambio climático, lo que le ha valido un amplio reconocimiento a nivel continental (Kiy y Wirth, 1998).

Al igual que otras regiones del mundo, la zona fronteriza del norte de México ha experimentado cada vez con mayor frecuencia e intensidad afectaciones causadas por la presencia de eventos meteorológicos severos asociados al cambio climático global. La climatología normal de la región se encuentra definida en su parte occidental, por los efectos del monzón de Norteamérica en verano, mientras que la zona costera se ve afectada por lluvias invernales susceptibles a las condiciones del fenómeno del Niño Oscilación del Sur. Por otra parte, la región norte oriental se ve influenciada por efectos de ciclones tropicales durante la temporada de verano y numerosos frentes fríos provenientes del norte del continente durante la temporada de invierno.

Dentro de los registros climatológicos de la región, se puede observar que, en

complemento a los usuales escenarios de sequía, la presencia de lluvias torrenciales de corta duración y alta intensidad se refleja en un incremento importante en los fenómenos hidro-meteorológicos extremos con un alto costo económico debido a los daños que ocasionan.

En la tabla 1, se muestran algunas normales climatológicas de las principales ciudades industriales de la frontera entre México y Estados Unidos que resultaran útiles para en las siguientes secciones del estudio. Así mismo, presentamos una breve descripción de las cuencas hidrológicas binacionales de las ciudades fronterizas, algunos de los cuales desde hace años y en mayor medida en la actualidad se encuentran experimentando severos estados de sequía (Bradley, et al., 2002).

EVALUACIÓN DEL IMPACTO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN FRONTERIZA NORTE DE MÉXICO

La región fronteriza del Norte de México podría clasificarse en función de las particularidades de sus ecosistemas y condiciones climáticas generales como las ciudades en la región Pacífico (Tijuana y Mexicali), el Desierto de Sonora (Nogales), el Desierto Chihuahuense (Heroica Ciudad Juárez y Piedras Negras) y por último la Región del Golfo (Nuevo Laredo y Heroica Matamoros).

Tabla 1. Condiciones de las Cuencas Binacionales de la Frontera Norte

Municipio	**Habitantes**	**Descripción de las Cuencas Hidrológicas**	**Climatología**
Tijuana	1,641,570	Río Tijuana drena 4,480 km^2. Se origina en México descarga Océano Pacífico a 2 km al norte de la frontera	ΔT normal = 12.3 °C Precipitación = 237.1 mm 92 mm/hr, PR 10 años por 5 min
Mexicali	988,417	Región hidrológica 4: Cuencas Arroyo Agua Dulce-Santa Clara y Laguna Salada-Arroyo del Diablo. Escurrimientos importantes en el arroyo Taraiso de 39.529 millones de m^3. El agua superficial se ha calculado en 40.902 millones de m^3 anuales (Ley, Dnegri de Dios, García, Ochoa, Lozano y Valadez, 2011)	ΔT normal = 16.3 °C Precipitación = 70.9 mm PR = 74mm/hr, PR 10 años por 5 min
Nogales	233,952	Cuenca del Río Santa Cruz que desemboca en el Río Gila. Escurrimientos de Nogales principales aportaciones de contaminantes al Río Santa Cruz (Brady, Gray, Castañeda, Bultman y Bolm, 2002)	ΔT normal = 15.4 °C Precipitación=468.5 mm 90 mm/hr, PR 20 años por 30 min

H. Ciudad Juárez	1,391,180	Río Bravo, 141 km de demarcación internacional	ΔT normal = 18.2 °C Precipitación = 253.5 mm 134 mm/hr, PR 10 años por 5 min
Piedras Negras	163,595	El colector principal de la región es el Río Bravo y forma parte de la Región Hidrológica No. 24, Bravo-Conchos; la subcuenca R. Bravo-San Antonio es del tipo no perenne.	ΔT normal = 14.5 °C Precipitación = 494.2 mm 206 mm/hr, PR 10 años por 5 min
Nuevo Laredo	399,431	Subcuenca RH24 E, Río Bravo y Arroyo del Carrizo	ΔT normal = 11.4 °C Precipitación = 484.8mm 100 mm/hr, PR 10 años por 5 min
H. Matamoros	520,367	Rio Bravo Arroyo del Tigre	ΔT normal = 10.1 °C Precipitación = 680 mm 250 mm/hr, PR 10 años por 5 min

La primera columna se refiere al nombre del municipio mexicano en cuestión mientras que la segunda representa el número de habitantes (INEGI, 2019). La tercera columna describe brevemente las características hidrológicas de las cuencas binacionales. Finalmente, la última columna presenta el cambio entre la temperatura máxima y mínima normales junto con el promedio normal de precipitación anual recibido, así como el periodo de retorno anual por municipio (Servicio Meteorologico Nacional, 2019).

A continuación, presentaremos los resultados obtenidos durante la evaluación de impacto climático efectivo y puntual sobre cada una de las ciudades y regiones del área fronteriza del norte de México. Para esto se utilizó el modelo de evaluación de cambio climático GIS-E2-R presentado por el Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA (NASA_GISS) en Estados Unidos, el cual es considerado un modelo climático altamente confiable por varios expertos en el área (Fernández, Zavala, Romero, Conde y Trejo, 2015b: 6) y (Allen, Dube, Solecki, Aragón-Durand, Cramer, Humphreys, Kainuma, Kala, Mahowald, Mulugetta, Perez, Wairiu, y Zickfeld, 2018b, pág. 12).

Primeramente, se determinó la anomalía de temperatura mensual esperada para diferentes escenarios de cambio climático sobre cada ciudad. (Ver Figuras 2 y 3) Para calcular la anomalía del cambio de temperaturas se recaudaron los valores normales de temperatura máxima y mínima mensual para cada ciudad a través de la base de datos del portal virtual del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2019). Esto para después compararlos con los valores de dichos parámetros estimados por el modelo de cambio climático para escenarios dentro del horizonte cercano desde el 2015 al 2039, como se muestra en la figura 2.

De igual manera se calculó la anomalía de temperatura mensual para el horizonte lejano del cambio climático dentro de los siguientes 100 años que parte del 2075 al 2099 (Ver Figura 3) (Fernández, Zavala, Romero, Conde y Trejo, 2015a). Cabe mencionar, que para cada uno de los horizontes mencionados se utilizaron las

Rutas Representativas de Concentración, usualmente referidas por sus singlas en inglés como RCP´s, 4.5 y 8.5 las cuales presentan escenarios de forzamiento radiativo optimista y severo respectivamente de acuerdo con la reseña técnica del reporte especial IPCC (Allen, et al., 2018a).

En el caso de la anomalía de temperatura, se aprecia que las condiciones de forzamiento optimista, RCP 4.5, que corresponden a una ruta que podría permitir escenarios globales de temperatura cercanos a 1.5°C en el horizonte cercano. Conceptualmente, la anomalía de temperatura expresa la desviación de los valores históricos de las temperaturas máximas y mínimas. En general, en las gráficas de las figuras 2 y 3 se percibe una variación desigual para cada región del diferencial de temperatura mensual, representado como ΔT, la cual es la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas obtenidas del modelo de cambio climático y las normales climatológicas de cada localidad (Sánchez, Días, Cavazos, Granados y Gómez, 2011).

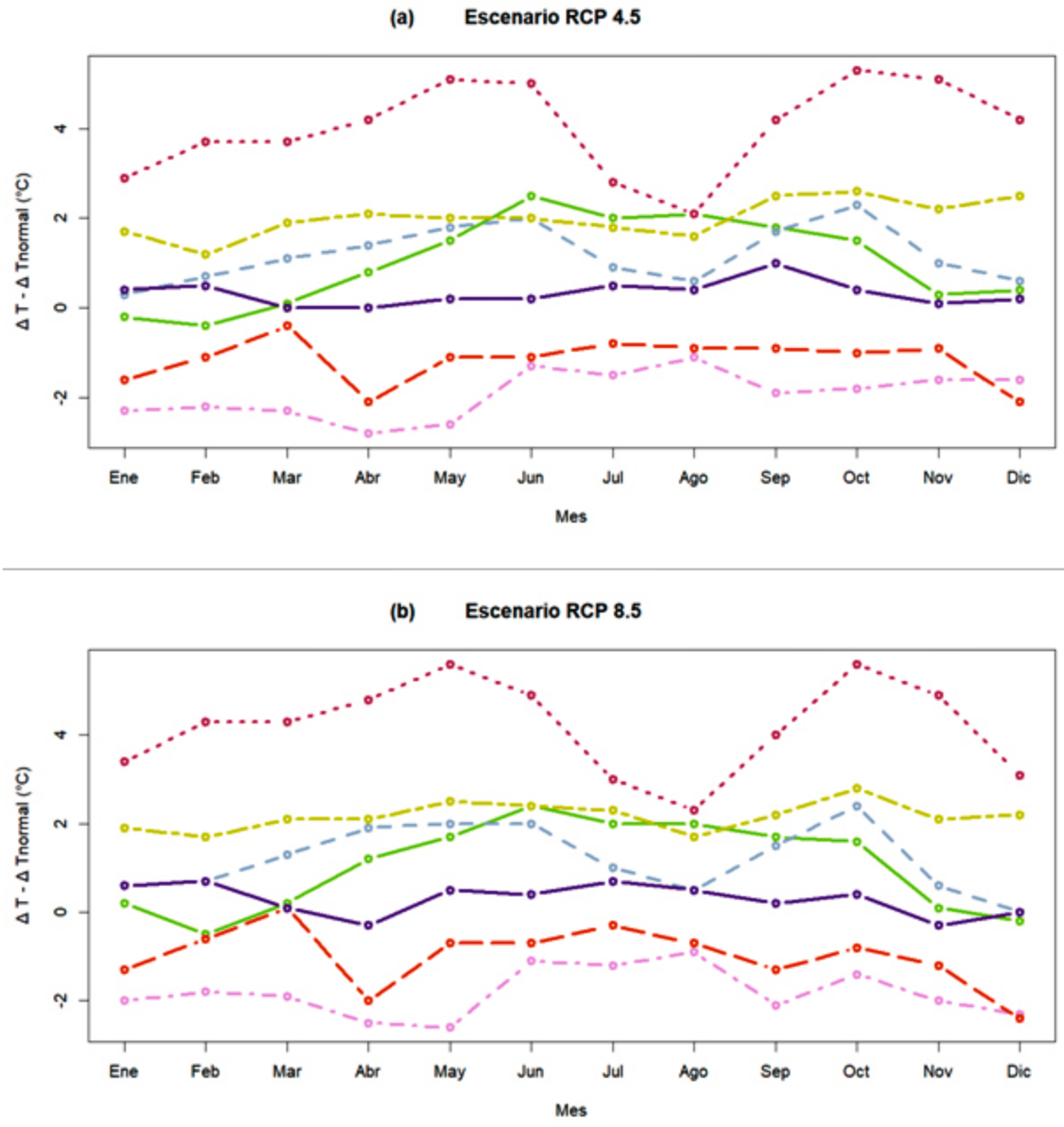
A diferencia de las comunidades de la región central del desierto de Chihuahua y Sonora, en particular la ciudad de Nogales, la cual se estima sufrirá anomalías de temperatura altamente positivas, es decir por encima de los 2.5°C, para prácticamente todos los escenarios que planteamos.

Es posible relacionar estos cambios drásticos a un alto incremento en las temperaturas diurnas, condición que puede agravarse en zonas urbanas por efecto de la isla de calor urbana. Por otro lado, si una anomalía es negativa, como en el caso de Ciudad Juárez y Piedras Negras, esto puede reflejar un incremento de las temperaturas mínimas o una variación menor entre las temperaturas máximas y mínimas que experimente la región diariamente. De cualquier forma, queda claro la inherente consistencia de la tendencia global de incremento neto de las variaciones de temperaturas máximas y mínimas, es decir la prevalencia de climas con temperaturas cada vez más extremas, a través de la evaluación de todos los escenarios y horizontes planteados.

Posteriormente, se buscó determinar la señal climática expresada en anormalidad de por ciento de lluvia o precipitación para las proyecciones RCP 4.5 y 8.5, tanto para los escenarios de corto plazo como para los de largo plazo (Ver Figuras 4 y 5) En el escenario de bajo forzamiento, RCP 4.5, se aprecia un impacto en las condiciones climáticas dominantes, a saber el efecto del monzón de Norteamérica, usualmente referido como NAM, en la zona continental de Sonora y Chihuahua.

Mientras que se presentan lluvias invernales mediterráneas en la costa del Pacífico junto con las correspondientes a los frentes fríos en la región del golfo, las señales en general no muestran cambios significativos en las anomalías de precipitación en el horizonte cercano en la temporada del NAM, sin embargo, en contraste los escenarios de alto forzamiento, RCP 8.5, muestran una fuerte anomalía positiva durante los meses del NAM que se podría explicar por el incremento en los niveles de energía (por ejemplo en el calor acumulado en el océano) en el acoplamiento océano-atmosfera generando mayor actividad convectiva en el oeste del continente norteamericano.

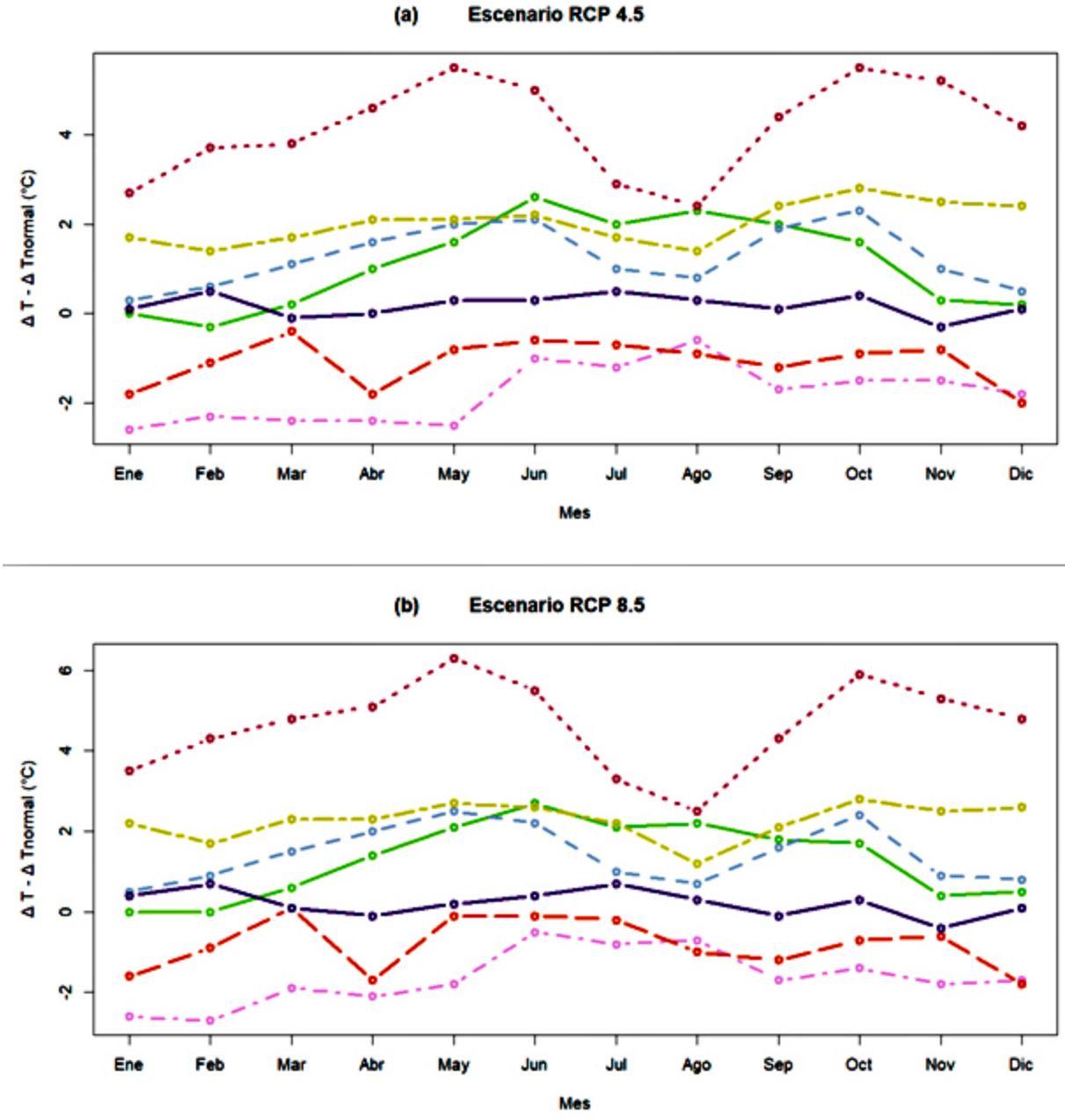
Figura 2. Anomalía de Variación de Temperatura para el Horizonte Cercano (2015-2039)



Tijuana
Mexicali
Nogales
H. Ciudad Juárez
Piedras Negras
Laredo
H. Matamoros

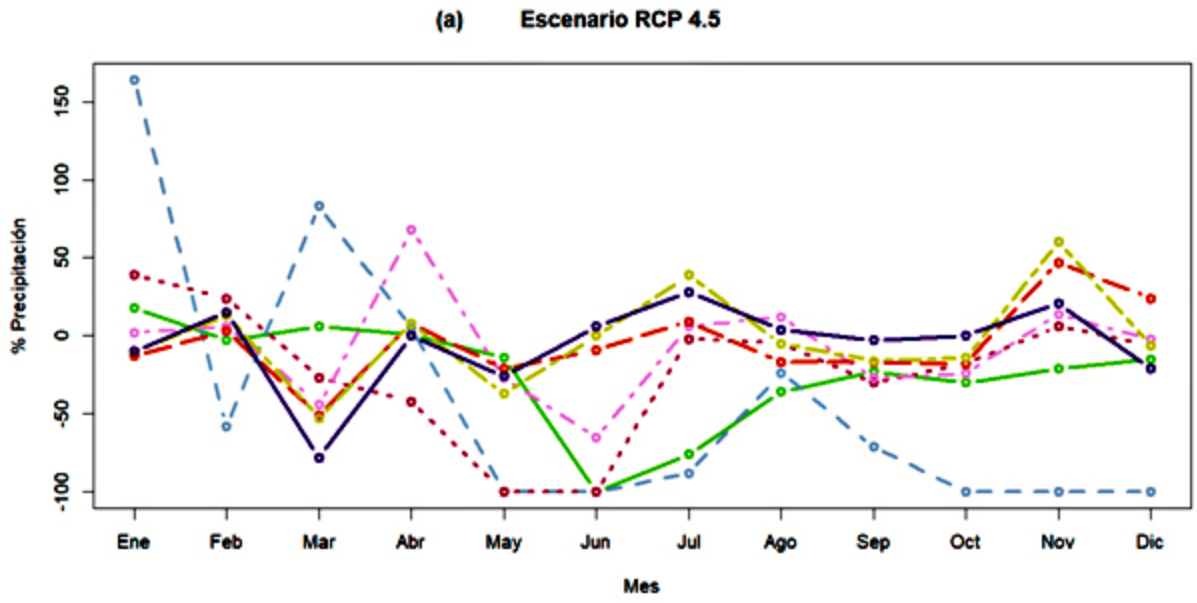
Anomalía de variación de temperatura mensual calculada por medio del modelo de estimación de cambio climático GIS-E2-R para cada una de las ciudades definidas en el mapa de la figura 1. En la gráfica superior **(a)**, podemos observar la anomalía calculada para el horizonte cercano bajo un RCP de 4.5. Mientras que en la inferior **(b)** mostramos la anomalía determinada para un RCP de 8.5.

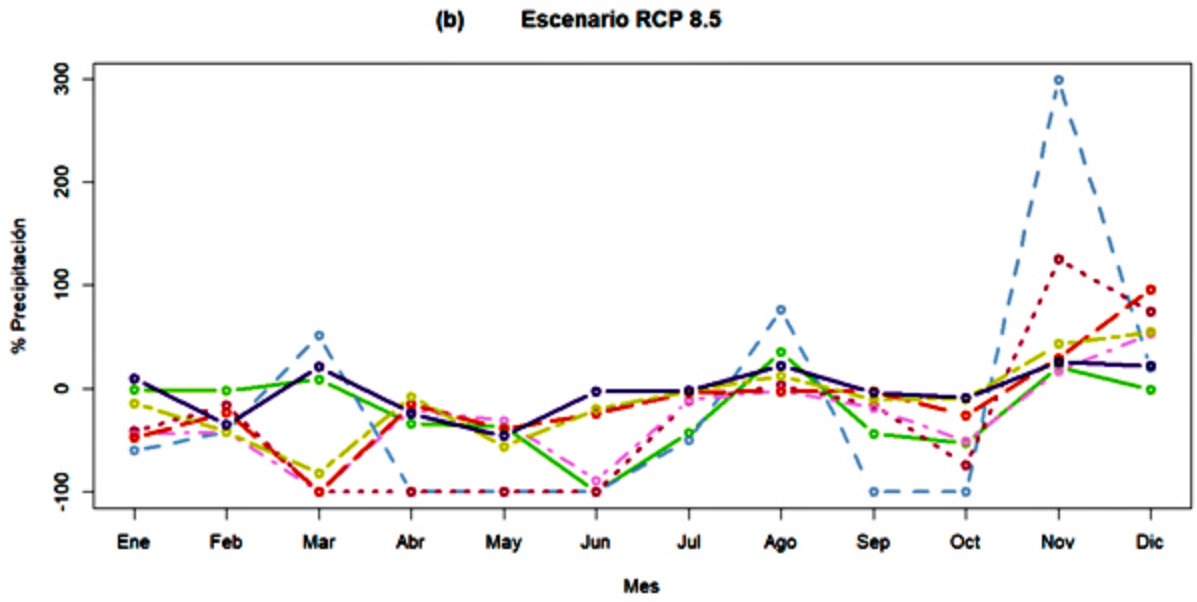
Figura 3. Anomalía de Variación de Temperatura para el Horizonte Lejano (2075-2099)



Anomalía de variación de temperatura mensual calculada por medio del modelo de estimación de cambio climático GIS-E2-R. En la gráfica superior **(a)**, podemos observar la anomalía calculada para el horizonte cercano bajo un RCP de 4.5. Mientras que en la inferior **(b)** mostramos la anomalía determinada para un RCP de 8.5.

Figura 4. Anomalía del Porcentaje de Precipitación para el Horizonte Cercano (2015-2039)

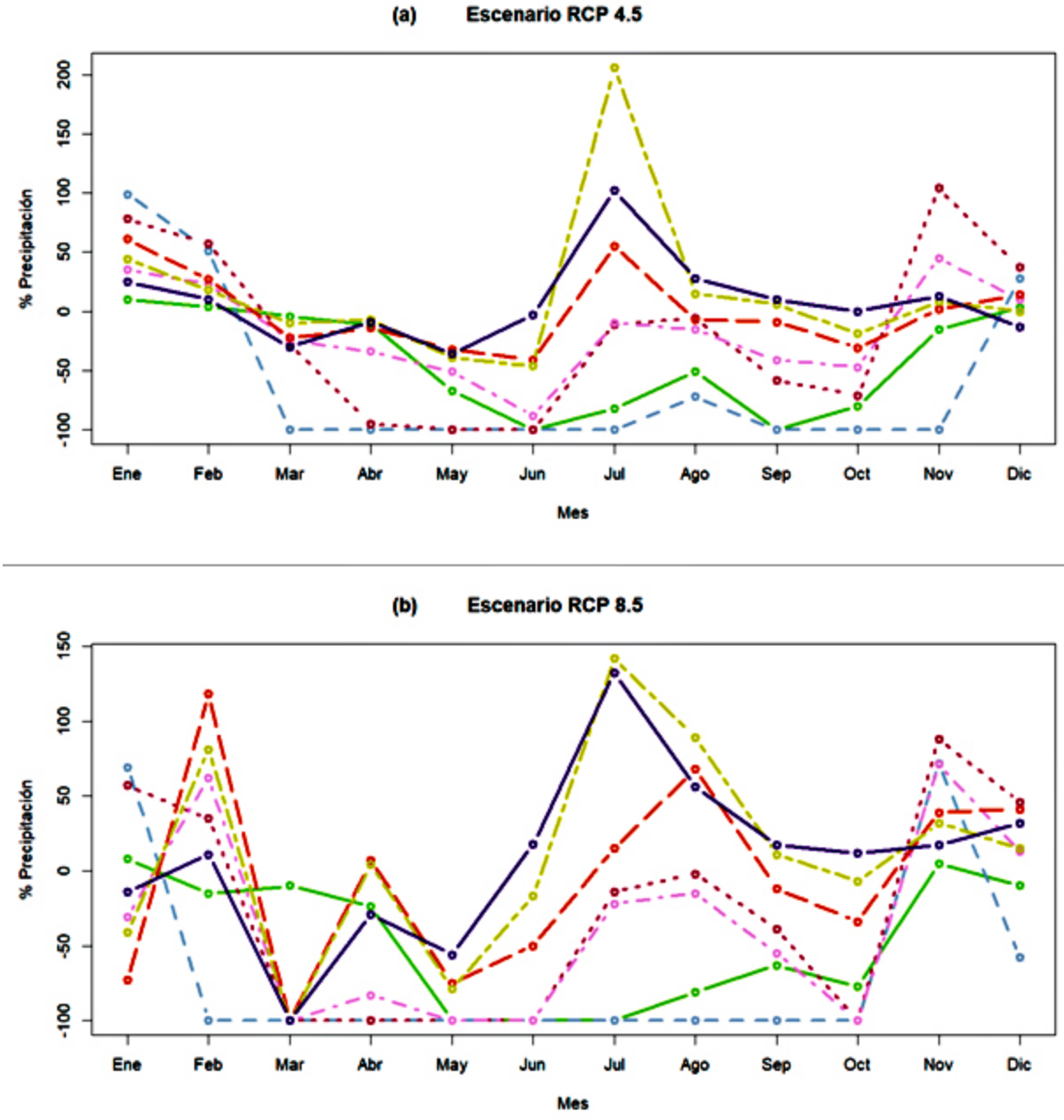




- Tijuana
- Mexicali
- Nogales
- H. Ciudad Juárez
- Piedras Negras
- Laredo
- H. Matamoros

Anomalía del Porcentaje de Precipitación estimada por el modelo de cambio climático GIS-E2-R para las ciudades fronterizas previamente definidas. En la gráfica superior **(a)**, podemos observar la anomalía calculada para horizonte cercano bajo un RCP 4.5. Mientras que en la inferior **(b)** mostramos la anomalía determinada para un RCP de 8.5.

Figura 5. Anomalía del Porcentaje de Precipitación para el Horizonte Lejano (2075-2099)



Anomalía del Porcentaje de Precipitación estimada por el modelo de cambio climático GIS-E2-R. En la gráfica superior **(a)**, podemos observar la anomalía calculada para horizonte lejano bajo un RCP 4.5. Mientras que en la inferior **(b)** mostramos la anomalía determinada para un RCP de 8.5.

Claramente, la señal climática se intensifica en el horizonte lejano del RCP 8.5. Por lo que resulta obvio concluir que, de mantenerse el crecimiento demográfico al acelerado ritmo actual que permite sostener económicamente la región, las poblaciones seleccionadas sufrirán el incremento en la frecuencia e intensidad de diversos eventos hidrometeorológicos extremos, sean estas sequías intensas como en el alarmante caso de Mexicali, Nogales y Ciudad Juárez, o en su defecto eventos contrarios como los estimados para las comunidades de la región del Golfo de México. En cualquier caso, ambos escenarios se presentan como un alto riesgo de afectar el frágil estado de vulnerabilidad de dichas comunidades y ecosistemas. (NABD, 2019)

A MANERA DE CONCLUSIÓN: ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA RESPUESTA LOCAL EN UN MARCO GLOBAL

Tradicionalmente, las ciudades del área norte de México reciben presupuestos para infraestructura urbana por debajo de sus necesidades debido a la baja densidad poblacional en comparación con la región del sur y centro del país, en donde se concentran significativamente los recursos totales del país. Más allá de eso, el poco presupuesto que se asigna a la región suele utilizarse en proyectos como la implementación de estrategias de resiliencia y remediación de impactos climáticos que no se encuentran adaptadas a las características particulares de estas comunidades.

La creación de los Institutos Municipales de Planeación (IMP) ha permitido recuperar el sentido estratégico del desarrollo urbano local, pero, aun así, muchos municipios han tenido que recurrir al endeudamiento para responder a sus necesidades más urgentes. Por ejemplo, en el ámbito de movilidad urbana, modernizar flotilla de camiones para transporte público es una necesidad urgente para conservar el crecimiento de la tasa de empleo asociado a las actuales actividades industriales en la región norte.

A pesar de eso, se trata de una solución de corto alcance, ya que el acelerado crecimiento poblacional dentro de un entorno finito es un escenario insostenible. Como podemos ver en grandes ciudades como Tijuana y Ciudad Juárez, en donde, hoy por hoy, es imprescindible desarrollar la infraestructura necesaria para poder incorporar medios de transporte público masivo para la cantidad de habitantes, los cuales deberán ser impulsados por combustibles alternativos, más eficientes y limpios, esto debe ser visto como parte de la inversión a largo plazo que el gobierno debe efectuar para asegurar el bienestar y desarrollo sustentable de la población trabajadora de la maquiladora que sostiene gran parte de la economía del país.

Dentro de la compleja problemática que nace a raíz del desarrollo de diagnósticos de vulnerabilidad y estrategias de adaptación, destaca la dificultad de asegurar un uso eficiente del gasto público para optimizar el funcionamiento de la infraestructura de manejo de escurrimientos con las medidas de adaptación para un futuro con restricciones de agua. En ocasiones, se presentan eventos extraordinarios, tales como las lluvias del 2008 en Nogales, Sonora, las cuales provocaron daños en la infraestructura urbana por más de $60 millones de pesos lo cual derivó en la elaboración de estrategias y

proyectos para reducir los escurrimientos a través de represas y mejoras a los sistemas de alcantarillado (Ley, et al., 2011). En ese proyecto las obras de mitigación para la modificación de embalses ascendieron a $9.4 millones de pesos. Episodios semejantes llevaron a la elaboración de planes de manejo de los escurrimientos pluviales, como el de Ciudad Juárez, Chih. Sin embargo, no se ha desarrollado una estrategia consistente a lo largo de la frontera para mejorar la calidad de las intervenciones de los gobiernos y de la comunidad y mejorar las capacidades de manejo de los escurrimientos. Tampoco se han creado nuevas políticas públicas para el uso inteligente del agua potable, que permita el desarrollo de sistemas de desalinización y tratamiento de aguas residuales para su reutilización.

La Organización de las Naciones Unidas plantea varias metas a cumplir para alcanzar el desarrollo sustentable global. A pesar de que estas metas se entrelazan entre sí, la incorporación de fuentes de energía renovables a los métodos de producción energéticos es, sin lugar, a duda una de las más fundamentales de ellas. Por lo que no puede pasar desapercibido, el gran potencial de desarrollo de energía eólica y solar en el norte México, el cual es reconocido a nivel mundial (James, Benjamin y Marquis, 2017). Es indiscutible la urgencia de transformar profundamente la industria energética y aprovechar este recurso solar con el que dispone la región. Proporcionando así la posibilidad de desarrollarse dentro de un nuevo ámbito para la generación de empleos, que se espera llegará a brindar la estabilidad necesaria para diversificar las actividades económicas y proveer de justicia ambiental y social a largo plazo, en especial para las comunidades en situaciones de vulnerabilidad y pobreza extrema.

FUENTES DE CONSULTA:

Allen, M.R., H. de Coninck, O.P. Dube, O. Hoegh-Guldberg, D. Jacob, K. Jiang, A. Revi, J. Rogelj, J. Roy, D. Shindell, W. Solecki, M. Taylor, P. Tschakert, H. Waisman, S. Abdul Halim, P. Antwi-Agyei, F. Aragón-Durand, M. Babiker, P. Bertoldi, M. Bindi, S. Brown, M. Buckeridge, I. Camilloni, A. Cartwright, W. Cramer, P. Dasgupta, A. Diedhiou, R. Djalante, W. Dong, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, S. Fifita, J. Ford, P. Forster, S. Fuss, V. Ginzburg, J. Guiot, C. Handa, B. Hayward, Y. Hijioka, J.-C. Hourcade, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, M. Kanninen, H. Kheshgi, S. Kobayashi, E. Kriegler, D. Ley, D. Liverman, N. Mahowald, R. Mechler, S. Mehrotra, Y. Mulugetta, L. Mundaca, P. Newman, C. Okereke, A. Payne, R. Perez, P.F. Pinho, A. Revokatova, K. Riahi, S. Schultz, R. Séférian, S.I. Seneviratne, L. Steg, A.G. Suarez Rodriguez, T. Sugiyama, A. Thomas, M.V. Vilariño, M. Wairiu, R. Warren, K. Zickfeld y G. Zhou. (2018) *Technical Summary. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis,

E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu y K. Zickfeld (2018) Framing and Context. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Brady, L.M., Gray F., Castañeda M., Bultman M. y Bolm K.S. (2002) *Mexico Borderland Watershed Analysis, Twin Cities Area of Nogales, Arizona and Nogales, Sonora.* USGS. Open-File Report 02-112.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2018) ¿Para qué se usa la información del CONEVAL? *Medición de la Pobreza*. Obtenido de: https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx Consultado 27 de mayo de 2019

Diario Oficial de la Federación (2012) Ley General de Cambio Climático. *06/06/2012, Secretaría de Gobernación (SEGOB).* Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249899&fecha=06/06/2012 Consultado 27 de mayo de 2019

Dorocki, S., y Brzegowy, P. (2014) The maquiladora industry impact on the social and economic situation in Mexico in the era of globalization. En (M. Wójtowicz y A. Winiarczyk-Raźniak) *Environmental and socio-economic transformations in developing areas as the effect of globalization* (pp. 93-110). Krakow, Ukraine: Wydawnictwo Naukowe UP.

EPA & SEMARNAT. (2019) *U.S. - México Border 2020 Program*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: http://www.epa.gov/border2020 Consultado 27 de mayo de 2019

Fernández Eguiarte. A., Zavala Hidalgo, J., Romero Centeno, R., Conde Álvarez, A. C., y Trejo Vázquez, R.I. (2015a) *Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación.* Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambienta y Recursos Naturales. Reserva al Título: INDAUTOR en trámite, Obtenido del Modelo GISS-ER-R: http://atlasclimatico.unam.mx/AECC/servmapas/ Consultado 27 de mayo de 2019

Fernández Eguiarte. A., Zavala Hidalgo, J., Romero Centeno, R., Conde Álvarez, A. C., y Trejo Vázquez, R.I. (2015b) *Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación.* Centro de

Ciencias de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambienta y Recursos Naturales. Reserva al Título: INDAUTOR en trámite, Obtenido de: http://atlasclimatico.unam.mx/AECC/servmapas/ Consultado 27 de mayo de 2019

García Amaral, M. L. (2007*) Ciudades fronterizas del Norte de México.* Anales de Geografía, 27(2), 41-57. doi:0211-9803

INEGI. (08 de febrero de 2019) *México en Cifras.* Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=00 Consultado 27 de mayo de 2019

IPCC. (2018) Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, pp. 32

James, E. P., Benjamin, S. G. y Marquis, M. (2017) A unified high-resolution wind and solar dataset from a rapidly updating numerical weather prediction model. *Renewable Energy, 102* ,390-405. DOI: 10.1016/j.rene.2016.10.059 0960-1481

Kiy, R. y Wirth, J. D. (1998) *Environmental Management on North America´s Borders.* Texas: Texas A&M Press.

Ley, J., Dnegri de Dios, F. M., García Cueto, F., Ochoa García, M. J., Lozano Rivera, B. y Valadez López, G. (2011) *Altas de Riesgos del Municipio de Mexicali, B.C.* Obtenido de http://www.mexicali.gob.mx/transparencia/administracion/atlas/pdf/0.pdf Consultado 27 de mayo de 2019

NADB. (2019) North American Development Bank/ Banco de Desarrollo de América del Norte. *Border 2020 Program*. Obtenido de: http://www.becc.org/funding-programs/technical-assistance/border-2020#/tab1 Consultado 27 de mayo de 2019

Rogelj, J., D. Shindell, K. Jiang, S. Fifita, P. Forster, V. Ginzburg, C. Handa, H. Kheshgi, S. Kobayashi, E. Kriegler, L. Mundaca, R. Séférian y M.V. Vilariño. (2018) Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. En: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy,

T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Sánchez Cohen, I., Días Padilla, G., Cavazos Pérez, M.T., Granados Ramírez, G.R. y Gómez Reyes, E. (2011) *Elementos para entender el cambio climático y sus impactos.* México D.F.: Miguel Ángel Porrúa.

Servicio Meteorológico Nacional. (11 de febrero de 2019) *Normales Climatológicas*. Obtenido de Información por Estado: https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado Consultado 27 de mayo de 2019

Wilder, M., G. Garfin, P. Ganster, H. Eakin, P. Romero-Lankao, F. Lara-Valencia, A. A. Cortez-Lara, S. Mumme, C. Neri y F. Muñoz-Arriola. (2013) "Climate Change and U.S.-Mexico Border Communities." In: *Assessment of Climate Change in the Southwest United States: A Report Prepared for the National Climate Assessment*, editado por G. Garfin, A. Jardine, R. Meredith, M. Black y S. LeRoy, 340–384. Un reporte de Southwest Climate Alliance. Washington, DC: Island Press.

Capítulo 25

Panorama de la vulnerabilidad de los municipios de México ante el aumento global de 1.5°C

María de Lourdes Maldonado Méndez y Alejandro Ismael Monterroso Rivas

RESUMEN

El documento presenta una visión de la vulnerabilidad de los municipios de México ante el incremento de temperatura global de 1.5°C. Existen pocos trabajos que adviertan los impactos que pudiera causar al país el incremento de la temperatura media global. Menos aún referentes a métodos o directrices de construcción de mediciones de vulnerabilidad actual y futura. El IPCC señala que la vulnerabilidad está determinada por tres elementos: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Por lo que el presente capitulo consideró estas y parte de información ya existente en estudios previos y plantea un ejercicio de análisis comparativo de los tres elementos y en cinco categorías (muy baja, baja, media, alta y muy alta). Los resultados muestran que poco menos de 300 municipios continuarán siendo muy vulnerables, y podría incrementarse al menos 22 millones de personas en las categorías media, alta y de muy alta vulnerabilidad en el país.

Palabras clave: Capacidad adaptativa; exposición; sensibilidad; impactos;

ABSTRACT

The document presents a vision of vulnerability of Mexico's municipalities to global temperature increase of 1.5 °C. There are few works that warn of the impacts that the increase of the global average temperature could cause to the country. Fewer still referring to methods or guidelines for construction of current and future vulnerability measurements. The IPCC notes that vulnerability is determined by three dimensions, exposure, sensitivity and adaptive capacity. The present considered these, and new information already existing in previous studies and proposes an exercise of comparative analysis of the three elements and in five categories (very low, low, medium, high and very high). The results show that just under 300 municipalities will continue to be very vulnerable and could increase at least 22 million people in the medium, high and very high vulnerability categories in the country.

Keywords: Adaptive capacity; exposure; sensibility; impacts;

INTRODUCCIÓN

Para enfrentar los retos que implica el cambio climático es fundamental conocer cuáles son y dónde se encuentran las vulnerabilidades. De acuerdo con Rockström et al., (2009) de los nueve procesos biofísicos intrínsecos que regulan la estabilidad de la Tierra, dos de ellos son considerados más relevantes y pueden repercutir en los otros siete: el cambio climático y la integridad de la biosfera (Steffen et al., 2015). El cambio climático es una amenaza que, de acuerdo con el IPCC, aún se encuentra en la zona de riesgo medio o zona de incertidumbre, lo que significa que es necesario reaccionar, disminuyendo las emisiones de gases efecto invernadero por un lado, para evitar que rebase el límite y se vuelva irreversible. Este problema se ha posicionado como una prioridad en la agenda política a diferentes niveles, ya que es un problema ambiental de escala mundial, pero que trae consecuencias regionales y locales, lo que afecta no solo a los países desarrollados o con grandes industrias, sino también a los países en vías de desarrollo, donde las condiciones sociales y económicas son desiguales.

Desde el reporte del año 2001 el IPCC definió la vulnerabilidad, como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos; relacionando este termino con la sensibilidad y la capacidad adaptativa. Considera importante centrar la atención en el manejo del riesgo climático. Aquí, es donde considera que la vulnerabilidad esta en función a tres elementos: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Para el IPCC (2014), la exposición es definida como el grado de presión externo, en este caso climático, a un determinado sistema que podría verse afectados negativamente; la sensibilidad es el grado en que un sistema se ve afectado por una tensión o perturbación, ya sea positiva o negativa; y la capacidad adaptativa, se refiere a la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas.

Recientemente, el IPCC (2018) emitió el reporte especial que indica que el calentamiento global inducido por las actividades antropogénicas ha alcanzado aproximadamente 1ºC sobre el nivel preindustrial, con un rango que va de 0.8°C y 1.2°C. Los especialistas consideran que, de mantenerse las emisiones en un ritmo como el actual, se alcanzaría un calentamiento de 1,5ºC alrededor de los años 2030-2050, concretamente hacia el año 2040, ya que en las últimas décadas la temperatura ha aumentado 0.2°C por década, en promedio. Limitarse al 1.5°C es un reto extenso para los países, principalmente para los que se encuentran en vías de desarrollo y están ubicados en la zona intertropical; además dependerá de la vulnerabilidad, y de las decisiones e implementación de las opciones de adaptación y mitigación. Los riesgos relacionados con el clima para los sistemas naturales y humanos son más altos para el calentamiento global de 1.5 °C que en la actualidad, pero inferiores que, si se llega a los 2 °C, incluyendo la frecuencia e intensidad de extremos, impactos en la biodiversidad terrestre y marina, en los ecosistemas y sus servicios ambientales, la ganadería, disponibilidad de agua y alimentos, salud y seguridad humana, por ende, en crecimiento económico. Por lo que el objetivo del presente es mostrar un ejercicio de vulnerabilidad de los municipios de México ante el incremento de 1.5°C global.

VULNERABILIDAD GLOBAL POR AUMENTO DE 1.5°C

La exposición y vulnerabilidad al cambio climático son dinámicas, varían en el tiempo y el espacio y dependen de factores económicos, sociales, geográficos, demográficos, culturales, institucionales, de gobernanza y ambientales (IPCC, 2018). En el informe especial, el IPCC menciona que la inseguridad alimentaria puede incrementar debido al aumento de la exposición climática, las inundaciones y sequías (dependiendo de cada región). En muchas regiones y en general en todo el planeta, el cambio climático está afectando negativamente los cultivos de trigo y maíz (confiabilidad media); por lo que limitar el calentamiento a 1.5°C evitaría mayores pérdidas en rendimientos de maíz, sobre todo en las zonas más secas. Se menciona que con 2°C más de temperatura, países como Omán, Bangladesh, Mauritania, Yemen y Níger serán más vulnerables por penuria de alimentos; en tanto que Burkina faso, Malí y Sudán podrían mejorar su situación alimenticia, ya que las sequías serían menos duras. El aumento en 1.5°C aumentaría levemente la vulnerabilidad por inseguridad alimentaria del 76% de los países.

En sensibilidad climática el reporte indica que restringir a 1.5°C el aumento de la temperatura evitará riesgos significativos por la disminución de los rendimientos en cultivos tropicales de África, Sudeste de Asia, América Central y Sudamérica. Alcanzar los 2°C reduciría los rendimientos mundiales de los cultivos. Respecto a ganadería, el calentamiento traería como consecuencia la disminución de rendimientos y calidad de los productos, como la leche. Además, se prevé que cause cambios en los procesos fisiológicos del ganado, tales como: aumento de angustia térmica, sudoración y altas tasas respiratorias; por lo que se necesitaría más agua y alimentos para el consumo del ganado, pero sobre todo reflejaría un aumento de metano en la atmosfera, aumentando así la exposición a un incremento en la temperatura.

Respecto de la capacidad adaptativa, indica que el Producto Interno Bruto sería 5% mayor si el calentamiento global no rebasa el 1.5°. Es altamente probable que los países pobres sean cada vez más pobres y que los países ricos puedan mantenerse igual, principalmente por el impacto del calentamiento en la agricultura y los precios de los alimentos; lo que podría inducir la migración, principalmente de las personas dedicadas al sector agrícola y provocar que algunos lugares compitan por tener alimentación e ingresos. Esto último incrementaría la vulnerabilidad de los países en desarrollo, en específico, de aquellas personas que obtiene sus medios de vida de la agricultura y las actividades primarias (IPCC, 2018).

LA VULNERABILIDAD DE MÉXICO

La variabilidad climática en el país impacta según las regiones y época del año, causando pérdidas humanas y altos costos económicos y sociales. Tan sólo entre 2001 y 2013, los afectados por los fenómenos hidrometeorológicos en el país ascendieron a 2.5 millones de personas y los costos económicos sumaron 338.35 miles de millones de pesos aproximadamente (Gobierno de la República, 2015). Esto aunado a las condiciones sociales desiguales del país y la ubicación geográfica de algunas entidades, hace que la vulnerabilidad incremente en algunos municipios y en su población.

Las evaluaciones de la vulnerabilidad en México son sensibles a los fenómenos antes señalados. En el estudio de Monterroso et al (2018b) los autores realizan un análisis multitemporal de la vulnerabilidad del sector agrícola de México, a escala municipal. El documento está basado en el análisis de tres diferentes horizontes: 1990, 2000 y 2010. Se construye la vulnerabilidad bajo el criterio de V = (S+E)-CA y se determinan los municipios vulnerables para cada momento.

En el primer período de 1990-2000, 1249 municipios aumentaron su vulnerabilidad, mientras que, 1131 experimentaron una disminución, y los 76 municipios restantes se mantuvieron sin cambios. Para el segundo período de 2000-2010, 44 aumentaron la vulnerabilidad, en tanto que, 2402 experimentaron una disminución, y los 10 municipios restantes se mantuvieron sin cambios. Por lo tanto, durante las últimas dos décadas y en términos absolutos, los municipios y la población total del país vulnerable al cambio climático han disminuido. Sin embargo, hay que destacar que existen algunas entidades en los mapas que siguen mostrando vulnerabilidad en los últimos años: Chihuahua y Sonora, en el norte y Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Puebla, Veracruz y Tabasco en la región centro sur del país. Por lo tanto, es necesario analizar con detenimiento cada una de las tres dimensiones de la vulnerabilidad de manera independiente, a fin de evitar que la información importante y valiosa pueda omitirse (Monterroso et al, 2018b).

De acuerdo con la SEMARNAT-INECC (2018), en México los escenarios futuros que se han proyectado estiman que en el período 2030-2042 las temperaturas anuales en la mayor parte del país oscilaran entre 1°C y 1.5°C, mientras que en el norte podría llegar hasta en 2°C, razón por la que es de suma importancia entender ¿qué pasaría en el país si la temperatura incrementará en esos niveles?

De acuerdo con la SEMARNAT 2014, ante escenario de inacción, el cambio climático puede reducir drásticamente la capacidad de producción agrícola en México, teniendo costos socioeconómicos importantes para las generaciones presentes y futuras. Se prevé que exista una disminución en la fertilidad de los suelos, reducciones en los rendimientos de los cultivos, algunos de los estudiados en México son: maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz y soya (Monterroso et al. 2018a), productos esenciales para canasta básica de los mexicanos y para la alimentación del ganado. Se estima una reducción en la disponibilidad de agua, principalmente en el norte del país, lo que traería problemas a la población y mayor demanda de agua para el sector ganadero. Mayor frecuencia y cantidad de lluvia en el sur del país, que podrían provocar inundaciones y en consecuencia, incrementar la migración de la población rural hacia las áreas urbanas, esto empeoraría la situación económica y social de algunas regiones al verse rebasadas por las necesidades de alimentación, empleo y sanidad de la población, haciendo más vulnerables a unas regiones.

¿Qué podría pasar a nivel municipal si el país continúa así y llega al 2030? Con la intención de plantear un panorama a futuro en un escenario de inacción; se presenta a continuación un ejercicio que incluye las variables utilizadas en Monterroso et al (2018b) en el escenario y se actualiza el escenario futuro al considerar cambio de 1.5°C en temperatura global. En el cuadro 1 se muestra el número de municipios y habitantes según categoría de vulnerabilidad:

Cuadro 1. Total de municipios y habitantes por clase de vulnerabilidad.

Clase	Muy baja 0-20	Baja 20-40	Media 40-60	Alta 60-80	Muy Alta 80-100
	Total de municipios (millones de personas)				
Exposición					
Base	562 (16.0)	1308 (53.8)	516 (31.3)	59 (6.3)	11 (4.8)
Futura	568 (20.7)	1314 (68.0)	504 (36.0)	60 (7.4)	11 (5.3)
Sensibilidad					
Base	136 (9.3)	1145 (73.8)	893 (25.6)	256 (3.2)	26 (0.1)
Futura	61 (3.5)	867 (79.4)	1116 (47.9)	369 (6.2)	43 (0.4)
Capacidad Adaptiva					
Base	21 (0.1)	683 (12.0)	1690 /76.1)	56 (22.3)	6 (1.7)
Futura	12 (0.1)	392 (7.8)	1876 (98.6)	167 (28.6)	9 (2.4)
Vulnerabilidad					
Base	384 (30.7)	1194 (54.6)	655 (21.9)	203 (4.6)	20 (0.5)
Futura	208 (16.1)	1124 (74.0)	833 (38.4)	261 (8.2)	30 (0.7)

Elaborado a partir de Monterroso (2018b). Se resalta en color rojo las clases a poner atención.

La vulnerabilidad está en función de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Al considerar el incremento de 1.5°C global el comportamiento en la estimación de vulnerabilidad sigue la tendencia ya observada en estudios previos. Poco más de dos mil municipios se ubican en la categoría de baja a media vulnerabilidad, 15% en muy baja vulnerabilidad y el 9% restante en alta y muy alta vulnerabilidad. Lo que equivale a poco menos de 300 municipios muy vulnerables. Existiría un incremento de al menos 22 millones de personas en las categorías media, alta y de muy alta vulnerabilidad.

En el componente de exposición, se observa una variación mínima entre el número de municipios del escenario actual y el escenario futuro. Sin embargo, es conveniente analizar a nivel de población (millones de personas) ya que de acuerdo con CONAPO (2019) se espera que para el año 2030 la población sea de 137',415,821 de personas en el país. Los resultados indican un aumento del 1%, 0.5% y 2% en las categorías muy baja, baja y alta exposición; una disminución del 1% en municipios de la categoría de exposición media y la muy alta exposición se mantiene en número de municipios pero no así en personas. El número de personas incrementa en cada una de las categorías, teniendo al menos 6.6 millones de personas más que el día de hoy, en las categorías media, alta y muy alta exposición, para el año 2030; lo que permite deducir que es indispensable implementar alguna estrategia de prevención para hacer frente a las amenazas a las que los municipios puedan estar expuestos y con ello, minimizar los efectos del calentamiento global.

Respecto a sensibilidad, la mayor parte de los municipios (47%) se ubican en la categoría de baja sensibilidad, 6% en la categoría muy baja, 36% en la categoría media, 10% y 1% en las categorías de alta y muy alta sensibilidad, en tanto que, en un escenario futuro, se estima que las primeras dos categorías (baja y muy baja) presentarán una reducción en el número de municipios en esa condición, sin embargo, a nivel de población, solo en la categoría "muy baja" habría realmente una disminución, en tanto que la siguiente categoría, aunque se reduce el número de municipios, no representaría una reducción en número de habitantes con sensibilidad baja.

Las categorías media, alta y muy alta, incrementarían en un 25%, 44% y 65% el número de municipios con esos niveles de sensibilidad, respectivamente, lo que representaría alrededor de 23.5 millones de personas con mayor sensibilidad. Lo que resulta preocupante considerando que la característica más notable de un sistema vulnerable es la inestabilidad y sensibilidad a las amenazas externas, las cuales se manifiestan en una dirección en contra de los intereses de la humanidad y la estabilidad (Adger, 2006)

Actualmente 69% de los municipios presentan una capacidad adaptativa media, 28% una capacidad adaptativa baja y, solo el 2% y el 1% restante de los municipios muestran una capacidad adaptativa en las categorías alta y muy baja. En contraste, en un escenario de futuro podrían disminuir los municipios de baja y muy baja capacidad adaptativa, y los municipios con media, alta y muy alta capacidad adaptativa aumentarían, al igual que incrementaría el tamaño de la población con mejor capacidad de respuesta ante el cambio climático, lo que sería positivo, ya que en la medida de que la capacidad adaptativa de las personas mejore, menores serán las consecuencias del incremento del clima en 1.5°C.

México fue el primero de los países en vías de desarrollo en presentar su Contribución Nacionalmente Determinada, mediante la cual no sólo considera el componente de mitigación, sino que presenta también un componente de adaptación. La parte de adaptación se aplicará usando tres enfoques: adaptación basada en ecosistemas, adaptación de los sistemas productivos y de la infraestructura estratégica y adaptación del sector social, en esta última ha establecido el compromiso de reducir la vulnerabilidad de 50% de los municipios más vulnerables, basado en que actualmente 13% del país (319 municipios) se encuentra en esta categoría de vulnerabilidad, sin embargo, no se tiene claridad de cómo lograr esta meta en el año 2030 (Gobierno de la República 2015).

Además, el país es partícipe de acuerdos internacionales y ha implementado instrumentos políticos que trazan las líneas de acción para la nación. Cuenta con la Ley General de Cambio Climático (SEMARNAT, 2018), se creó la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40, el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, y en diciembre de 2018, hizo pública la Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Además se tienen avances en los programas de cambio climático estatales y municipales, que consideran acciones para la adaptación a este fenómeno. Por lo que ya es momento de ver resultados de sus instrumentos, y mejor aún, en el beneficio y bienestar de cada uno de sus habitantes.

CONCLUSIONES

Siendo el cambio climático un problema ambiental global y complejo, es necesario atenderlo desde un enfoque sistémico, que permita tener una perspectiva amplia e integrada para afrontarlo. Es fundamental mejorar la capacidad adaptativa de las personas, pero también es necesario mejorar las condiciones socioeconómicas que disminuyan la sensibilidad de los municipios.

Cabe destacar que la acción colectiva y la gobernanza juegan un papel importante para lograr los compromisos al 2030, por lo que será necesario que los niveles de gobierno puedan hacer sinergia para alinear las estrategias nacionales hasta lo local y viceversa.

Valdría la pena también analizar qué es lo que ocurre al interior de los municipios, explorar las potencialidades y recursos con los que cuentan algunas de las localidades más vulnerables y definir cómo afecta el cambio climático a sus medios de vida. De esta manera sería factible conocer las estrategias que las localidades llevan a cabo para adaptarse a los cambios de temperatura e impulsar una adaptación basada en ecosistemas y comunidades.

FUENTES DE CONSULTA

Adger W. (2006) Vulnerability. Global Environmental Change, 16(3): 268-281.

CONAPO. (2019) Proyecciones de la población de México 2010-2050. http://www.conapo.gob.mx

Gobierno de la República. (2015) Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf

IPCC (2001) Climate Change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 1032. https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/pdf/wg2TARchap1.pdf

IPCC (2014) Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

IPCC. (2018) IPCC Special Report 1.5. Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, T. Waterfield (Eds.), Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, (p. 32). World Meteorological Organization. https://doi.org/10.1017/CBO978110741532

Monterroso, A. I., Gómez Díaz, J. D., & Arce, A. R. (2018a) Cambios proyectados en el rendimiento de cinco cultivos ante un aumento de la temperatura global de 1.5°C y 2°C en México. Memorias del XI Congreso de la asociación española de climatología 2018. El clima: aire, agua, tierra y fuego. Cartagena, España. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología Serie A, no. 11.

Monterroso-Rivas, A. I., A.C., C.-Á., & Pérez-Damian, J. L. (2018b) Multi-temporal assessment of vulnerability to climate change: insights from the agricultural sector in Mexico. Climatic Change, 147(3-4), 457–473. doi: https://doi.org/10.1007/s10584-018-2157-7

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., M. Falkenmark, L. K., R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. (2009) Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society, 14(2:32). http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32

SEMARNAT. (2014) Programa Especial de Cambio Climático 2014–2018 (PECC). https://www.inecc.gob.mx/transparencia/transparencia/pecc_2014_2018.pdf

SEMARNAT-INECC. (2018) México: Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/117

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., De Wit, C. A. (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855.

Capítulo 26

Estrategias de vinculación para generar resiliencia costera: retos y perspectivas del sureste de México ante los compromisos del IPCC

Ema Alonzo Marrufo, Lilia Gama Campillo y Daniel Pech

RESUMEN:

El sureste de México es una región catalogada con una alta exposición al potencial impacto de tormentas y huracanes y con una vulnerabilidad alta a las inundaciones. En este contexto se requieren estrategias de vinculación multidisciplinarias e interdisciplinarias que permitan incrementar la resiliencia de la zona costera. El presente capítulo muestra y discute los resultados de la implementación de las estrategias de vinculación implementadas y adoptadas por la red interinstitucional de cambio climático del sureste, ante los compromisos de México ante el IPCC, para coadyuvar a la apropiación del conocimiento generado desde la academia hacia la sociedad.

Palabras clave: Vinculación, Sureste, Multidisciplina, Red interinstitucional,

ABSTRACT:

The coastal zone of southeast Mexico is a cataloged region with high exposure to the potential impact of storms and hurricanes and with a high vulnerability to flooding events. In this context, multidisciplinary and interdisciplinary linking strategies are required to increase the resilience of the coastal zone. This chapter shows and discusses the results of the implementation of the linkage strategies implemented and adopted by the inter-institutional climate change network of the southeast, in the face to Mexico's commitments to the IPCC, to assist in the appropriation of the knowledge generated from the academy towards the society.

Key words: linkage, Southeast, Multidiscipline, Interinstitutional network

INTRODUCCIÓN:

El incremento de casi un grado más de temperatura por encima de los niveles pre-industriales, es de acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (2018) (IPCC, por sus siglas en inglés), el resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por las actividades humanas. Este cambio en la temperatura puede ocasionar efectos en diferentes aspectos del clima, como es, la

variabilidad de la precipitación o su intensidad con importantes consecuencias tanto en los ecosistemas como en las actividades productivas. Al ser el calentamiento global un impacto mundial, el análisis de la complejidad del problema evidencia, la existencia de los vacíos de información a escala regional, que, aunado al nivel de incertidumbre que se derivan de los mismos, dificultan la posibilidad de generar planes, programas o acciones que faciliten estrategias para la atención a los impactos regionales o locales con cierta certidumbre.

Partiendo del «principio precautorio» propuesto en la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992[1], la respuesta más adecuada ante este problema originado por la concentración de GEI, serían implementar acciones de mitigación. En ese sentido, el Acuerdo de París resultante de la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, plantea compromisos con metas que requieren alcanzar importantes reducciones de GEI a la brevedad, y estos logros dependen de la voluntad de múltiples actores, con base en Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC), las cuales representan los compromisos en reducción de emisiones por país. El logro de estas metas, se reflejaría en mantener la temperatura global a largo plazo por debajo de 2°C de temperatura de la línea base, aspirando a tratar de mantenerla por debajo de 1.5°C (IPCC, 2018).

Este compromiso promueve la adopción de medidas de mitigación, que permitan alcanzar los objetivos de esas contribuciones, considerando metas que proponen cambios radicales a una transición energética al 2030 que ya está en acción en algunos países (Liobikienė & Butkusb, 2017). Los escenarios construidos por diferentes especialistas, no pueden predecir el futuro, únicamente se limitan a identificar estrategias de mitigación contra el calentamiento, que puedan implementarse, sin embargo, la implementación, tanto tecnológica como de inversión, representa un compromiso y es un reto prioritario de los gobiernos, que, en la mayor parte de los casos, en el continente americano, no considera como prioritario.

La experiencia mundial de los últimos años ha demostrado que las acciones de mitigación no lograrán detener los impactos del cambio climático, como son: la elevación media del nivel del mar, la acidificación marina y el aumento de temperatura, sin embargo, la expectativa sigue siendo, aminorar los posibles efectos esperados en los diferentes sistemas socio-ambientales (IPCC 2018). Por este motivo, se requiere tanto estimar los posibles escenarios, como implementar estrategias de adaptación a los impactos esperados en estos escenarios. Estas acciones permitirán a la población, mantener un nivel de bienestar, antes de que los cambios se presenten. No obstante, generar e implementar medidas de adaptación, al ser una tarea multidimensional y transversal (Jorgenson et al. 2019; Kragt, Mugera & Kolikow, 2013; Simonet, 2010), requiere de especialistas de diferentes campos con propuestas interdisciplinarias, que permitan identificar los impactos locales, las consecuencias y monitorear la implementación de las mismas para manejar mejor los posibles límites y barreras que se presenten al proponer estas medidas. La implementación de las medidas de adaptación, debe de estar acompañada siempre de un proceso de evolución de factores de aceptación y utilidad que generen aprendizajes socioambientales para ser considerados como política pública.

1 http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm

En el Acuerdo de París se destaca la inclusión de un objetivo global que busca reforzar las capacidades de adaptación a los efectos del cambio climático, promoviendo la sostenibilidad, y apoyando especialmente a los países más vulnerables. Es importante identificar que las acciones de adaptación, son geográficamente locales y elaboradas de acuerdo a las características físico-biológicas y socio-económicas de cada lugar, lo que complica su reproductibilidad y la dificultad de valorar su éxito a largo plazo a través del sistema de monitoreo, registro y verificación (MRV) con salvaguardas. El MRV implica principios, condiciones y criterios sociales y ambientales que guían el diseño e implementación de políticas, programas y otras acciones, estrategias comunes, como es el caso de los proyectos de reducción de deforestación y degradación de bosques y selvas (REDD).

Varios sectores en México están involucrados en la atención de este tema, como son los diferentes niveles de gobierno y grupos sociales o académicos, que se organizan local, regional o nacionalmente, lo que permite no solo la socialización del problema, sino la generación de esfuerzos conjuntos para construir fortalezas. Desde esta perspectiva se requiere un esquema de gestión transversal para fortalecer la resiliencia a través de estrategias de adaptación mediante políticas, que pueden ser analizadas como experimentos regionales acordes a la heterogeneidad de nuestro país. Este esquema podría ser una oportunidad para los especialistas locales para aprender y mejorar las propuestas que se manifiesten como políticas futuras. Esta gestión haría más fácil la adecuación de enfoques conforme la información sobre los impactos se genere, como un fortalecimiento a la vinculación científica, no solo manteniendo la colaboración entre la ciencia y los tomadores de decisiones de los diferentes sectores, sino fortaleciendo el derecho a la ciencia que se promueve por Naciones Unidas desde 2012 (Chapman & Wyndham, 2013).

SURESTE DE MÉXICO Y CAMBIO CLIMÁTICO

Se considera sureste de México al bloque que conforman los estados de Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán y donde a pesar de la riqueza en recursos naturales, históricamente se reconoce un rezago socio-económico con altos índices de pobreza y marginación. De acuerdo a la clasificación considerada en el Ordenamiento Marino del Golfo de México y Mar Caribe (Secretaria de Gobernación, 2012), 13 de los 17 municipios de Tabasco, 9 de los 11 municipalidades de Campeche, así como 49 de los 106 municipios de Yucatán y también 10 de las 11 demarcaciones municipales de Quintana Roo, son considerados con influencia costera. Esto representa una importante presión demográfico-ambiental en zonas de humedales y sistemas lagunares costeros, que son un motor económico de la región, al ser donde se realizan las principales actividades económicas, como la extracción de petróleo y gas, la pesca comercial, la agricultura, la ganadería y el turismo.

En el sureste de México, de acuerdo al Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), las temperaturas máximas oscilan entre los 38°C y los 46°C en casi toda la región, la precipitación acumulada mensual oscila entre 200 a 1000 mm. Los valores máximos para Tabasco se observan en octubre. También hay importantes procesos de sequía meteorológica que, en especial, en el sur de la península de Yucatán y Tabasco,

se presentan en abril. Además, el sureste, es una región catalogada con una alta exposición al impacto de tormentas y huracanes particularmente en la zona costera de Quintana Roo y norte de Yucatán. La región, también ha sido catalogada con una vulnerabilidad de media a alta ante eventos de desastres, como las inundaciones históricas que se han presentado en la zona sur de Quintana Roo y los municipios de Jonuta y Centla en Tabasco y Palizada y Carmen en Campeche.

Sin embargo, documentos como el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2018), instrumento y consultado para identificar la vulnerabilidad y fortalecer las capacidades de adaptación de la población con un enfoque territorial a nivel municipal, muestra resultados que podrían estar subestimando la situación real de estos municipios en la región. De acuerdo con este documento, que se describe como "un conjunto estructurado y sistemático de mapas que muestren la vulnerabilidad territorial ante el cambio climático para orientar estrategias de adaptación", el contenido puede ser utilizado como un insumo para la toma de decisiones en la planeación del desarrollo. En el documento se identifica la sensibilidad, exposición, vulnerabilidad y capacidades de adaptación de diferentes componentes del sistema socio ambiental de cada municipio, como, por ejemplo, la producción ganadera extensiva ante estrés hídrico o inundaciones, o los asentamientos humanos ante inundaciones. En este documento se identifican a los municipios de Nacajuca y Huimanguillo en Tabasco, Champotón en Campeche: Dzemul, SinanChé o Dzidzantún en Yucatán y Cozumel en Quintana Roo con la vulnerabilidad más alta ante las inundaciones, y a los municipios de Centla en Tabasco, Palizada en Campeche, Tizimín y Hunucmá en Yucatán y Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo como de gran capacidad adaptativa. En ese sentido se señala que uno de los indicadores utilizados es la existencia o no de instrumentos de gestión de riesgo, sistemas de regulación de avenidas en momentos de inundación, protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones. Sin embargo, estos instrumentos no están instrumentados en todos los municipios la ponderación de vulnerabilidades y riesgos no es homogénea en todos los municipios dato que no es señalado en el Atlas.

Un tema de atención en las zonas costeras del sureste de México es la elevación del nivel del mar y sus potenciales efectos. En Tabasco los municipios costeros de Cárdenas, Paraíso y Centla, se han identificado procesos de erosión costera que podrían acrecentar los efectos. El efecto de la intrusión salina, fenómeno por el cual el agua marina puede mezclarse con las aguas continentales, como consecuencia de la elevación del nivel del mar puede ya estar afectando a los municipios costeros, La intrusión salina pone en riesgo las reservas de agua dulce por lo que el tema requiere de una atención urgente.

La necesidad de integrar especialistas locales de diferentes áreas, que permitan realizar análisis de sistemas complejos a través del aporte de información fortalezca la resiliencia regional es sin duda una asignatura pendiente. La escala local de la información, es otra asignatura pendiente. La información climática disponible como los efectos de los impactos, o no están accesibles en una escala adecuada al análisis o disponibles al ritmo con que se produce. Las causas pueden son diversas, como por ejemplo que las escalas temporal y espacial en las que las instituciones o investigaciones los elaboran difieren, porque requieren de ser aún monitoreados con

horizontes temporales que den certidumbre a los resultados y puedan ser utilizados para responder a las necesidades de los usuarios, o por la dificultad de su acceso o su uso.

Los trabajos de investigación requieren ser multidisciplinarias e interdisciplinaria e incluir reflexiones sobre la manera en que se puede fortalecer el conocimiento relevante local de las problemáticas ambientales, que permitan apoyar en la toma de decisiones de los responsables en distintos niveles de decisión. A pesar del trabajo que investigadores pudieran estar realizando para proporcionar productos en diferentes escalas temporales y espaciales, los mismos deben estar alineados las necesidades de los responsables de tomar las decisiones y a su vez considerar los potenciales desafíos que implican como el costo/beneficio de la implementación de acciones y la factibilidad de obtener resultados positivos.

El compartir aprendizajes y reflexiones que pueden mejorar la comunicación entre los investigadores y los tomadores de decisiones que permita construir un diálogo más eficaz, con énfasis en la aplicación de conocimiento climático es un paso fundamental de trabajo colaborativo que debe de ser adoptado para fortalecer la implementación de estrategias de mitigación y adaptación.

La dificultad muchos años ha sido que la generación del conocimiento, desde la academia, ha sido de carácter lineal, en donde los procesos frecuentemente se analiza como modelos lineales. Pero también a la forma en que el conocimiento, los recursos y la información científica se originan, pasando de la investigación básica, a la investigación aplicada y de ahí en el mejor de los escenarios a la vinculación e implementación a la sociedad.

Este modelo lineal es usado como la representación compleja e interconectada entre ciencia y sociedad, sin ser siempre cierto y sin vincular adecuadamente a la sociedad con la ciencia (Agrawala *et al*. 2001), al no formar parte del conocimiento usado en la toma de decisiones y no considerar las interacciones que se presentan en las diferentes escalas espaciales y temporales. Sin duda la administración pública se enfrenta a tomar decisiones que redundan en políticas ambientales, que hoy más que nunca enfrentan críticas y generan controversia, y en donde las instituciones, intereses y relaciones de poder, se enfrentan al avance del conocimiento científico que debiera servir como marco de referencia en la implementación de políticas ambientales para el bienestar socio ambiental.

Tanto el acceso a más datos, como un marco conceptual más claro que permita explicar la dinámica de sistemas naturales y de grupos sociales dinámicamente organizados (Gunderson et al., 1995) y complejos en escalas de tiempo y espacio, han aumentado la conciencia de que los sistemas científicos, sociales, económicos y políticos están vinculados. Además, el fortalecimiento de agendas internacionales como la Agenda 2030 (ONU, 2014), fomenta el fortalecimiento de valores sociales que deben desempeñar un papel en la toma de decisiones. Por otro lado, las convenciones internacionales han contribuido a esta condición, como la Declaración de Río en 1992, que reconoció la importancia de la participación pública. Estos desafíos y nuevos caminos que buscan decisiones basadas en el conocimiento, orientan a prestar mayor

atención al trabajo en sociedades de conocimiento y redes de colaboración, lo que implica un énfasis en el desarrollo de opciones, que involucren a diferentes grupos, con formaciones y capacidades para aportar innovaciones de base social y tecnológica que permitan enfrentar estos nuevos escenarios, manteniendo el capital natural que aún nos queda.

La formación de redes de colaboración, formales o informales, desempeñan hoy en día un papel innovador en los procesos colectivos que buscan respuesta a las problemáticas globales, a través de la aportación de resultado locales para la atención de los impactos que ya se están presentando. Además, las redes potencian el intercambio de ideas, mejora las relaciones entre científicos y tomadores de decisiones y construyen una mayor capital social, basado en la cooperación para fortalecen el diálogo interdisciplinario, la gestión y la comunicación y que intenta incluir actores importantes como las asociaciones civiles o actores locales involucrados en los procesos territoriales, y que también fortalece.

RED INTERINSTITUCIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL SURESTE DE MÉXICO UN ESFUERZO REGIONAL DE VINCULACIÓN

La red interinstitucional de cambio climático del sureste de México (RICCSM) se originó como una alternativa de vinculación y trabajo multi e interdisciplinaria a finales del 2008 para responder la necesidad de integrar un grupo de trabajo (tabla 1) en el tema de cambio climático en zonas costeras y como una respuesta de la academia y la sociedad civil para fortalecer esfuerzos que permitiera investigar las potenciales amenazas en la región asociadas al cambio climático (tabla 2). La meta principal de la RICCSM ha sido siempre conformar un grupo de trabajo que sirva consultor del sector público, privado y social, en la búsqueda de alternativas de mitigación y adaptación para el Sureste de México

Tabla 1. Instituciones que conformaron la red de cambio climático del sureste de México y sus representantes institucionales.

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Dr. Victor Vidal Martinez (Coordinador General)	CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida
Dra. Leopoldina Aguirre Macedo	CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida
Dr Jorge Herrera Silveira	CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida
Dra. Lilly Gama Campillo	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Dr. Daniel Pech Pool	Ecosur-Campeche
Dra. Pricila Sosa Ferreira	Universidad del Caribe.
Dr. Ricardo Torres Lara*	Universidad de Quintana Roo.
Antrop. Emma Rosa Alonzo Marrufo	Yaax Beh A.C.

*Actualmente ya no colabora en la RICCSM

Desde su creación el RICCSM definió objetivos estratégicos para fortalecer las colaboraciones inter institucionales, la generación de información científica útil para la toma de decisiones por las diferentes autoridades a nivel regional en el tema de cambio climático. El grupo inicial estuvo conformado por 10 instituciones y a lo largo de sus 10 años los colaboradores del sureste se han reducido a 8, pero la red ha incrementado su rango interacciones con otros grupos nacionales como el programa de investigación en cambio climático (PINCC) de la UNAM, con intereses comunes en relación a la investigación y difusión del tema Cambio Climático. La vinculación con el PINCC permite, desde el 2012 y hasta la fecha, organizar el congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático sede sureste de México.

Tabla 2.- Líneas temáticas multidisciplinarias abordadas por la red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste de México.

Temas	Descripción
Sensibilidad	▪ Sensibilidad de los ecosistemas costeros (manglares, peces, invertebrados bentónicos y parásitos) ante el cambio climático ▪ Sensibilidad de distribución espacial de fauna (mamíferos, aves, reptiles y parásitos)
Vulnerabilidad	▪ Evaluación de la vulnerabilidad física y ambiental ante los impactos del *cambio global* ▪ Identificación y evaluación de la vulnerabilidad social y económica
Adaptación:	▪ Evaluación de servicios ambientales ▪ Planeación territorial ▪ Modelación de corredores biológicos ▪ Modelación del incremento del nivel del mar ▪ Modelación hidrológica ▪ Programas de manejo integral y comunitario de residuos sólidos en zonas costeras y áreas naturales protegidas ▪ Ordenamientos comunitarios ▪ Estimación de costos de medidas de adaptación ▪ Identificación y evaluación de la adaptación social
Mitigación:	▪ Rehabilitación de manglares ▪ Manejo integral de los residuos sólidos y procesos de reciclaje.

La estrategia de colaboración interinstitucional ha permitido concretar a partir del 2010, 16 artículos indexados sobre los temas de vulnerabilidad y sensibilidad en las zonas costeras del sureste, más de 30 tesis (licenciatura, maestría y doctorado y organizado 7 congresos Nacionales de Investigación en Cambio Climático sede sureste (2012-2019) en coordinación con el PINCC, 1 simposio internacional del carbono en México en coordinación con el Programa Mexicano de Carbono y 1 taller sobre elevación del nivel del mar (*International Integration Workshop on Sea-Level Rise*) en coordinación con la *Gulf of México Foundation*, en 2013. Todas estas actividades han

permitido presentar y analizar los avances en el conocimiento generado sobre cambio climático en la zona costera, sus riesgos, sus retos y perspectivas, como base para identificar necesidades de investigación y establecer probables líneas que conformen la política pública al respecto en la generación de medidas y alternativas de adaptación y mitigación para los ecosistemas costeros.

Dos aspectos importantes de esta Red ha sido 1) la generación de programas de investigación a largo plazo para monitorear los efectos del cambio climático en la Península de Yucatán de manera más precisa y con una sólida información a lo largo del tiempo en lagunas costeras; y 2) la contribución, con el desarrollo de proyectos (tabla 3), para el fortalecimiento de las políticas pública en materia de cambio climático.

Tabla 3.- Proyecto desarrollados por la red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste de México que han contribuido al fortalecimiento de las políticas públicas en el sureste de México.

Diseño de sistemas comunitarios de manejo integral de residuos sólidos en: Isla Holbox, Quintana Roo; Telchac Puerto, Chabihau, Dzilam de Bravo y San Felipe, Yucatán. 2010-2011.
Programa estatal de acción ante el cambio climático (PEACC) en el estado de Yucatán", en colaboración con Factor Co2. 2012-2013
Plan estatal de acción ante el cambio climático y el diseño de la estrategia de crecimiento verde del estado de Campeche, en colaboración con Factor Co2. 2014
Diagnóstico y formulación del Plan Estatal de la Pesca y Acuacultura Sustentable del Estado de Yucatán". Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017

La obtención de financiamiento y la consecución de buenos resultados ha permitido fortalecer la producción del conocimiento científico sobre lo que ocurre con el cambio climático en las zonas costeras del sureste y potenciar las capacidades institucionales para abordar este crucial y complejo tema. Las estrategias de trabajo conjunto con diferentes autoridades de los gobiernos locales basadas en el apoyo de generación e interpretación de la información generada en el marco de estos trabajos han coadyuvado a la toma de decisiones en políticas ambientales. A lo largo de estas colaboraciones la experiencia y capacidades (tabla 4) desarrolladas por la RICCSMM ha permitido concretar esquemas de vinculación multidisciplinarias e interinstitucionales que involucran a instituciones de investigación, universidad, asociaciones civiles y secretarias de los gobiernos locales.

Tabla 4. Experiencia y capacidades desarrolladas por red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste de México.

FORTALEZAS	CAPACIDADES
1. Presencia y posicionamiento en investigación regional (Yucatán, Quintana Roo, Campeche y Tabasco) sobre Cambio climático en zonas costeras y oceánicas. 2. Estudios multidisciplinarios en aspectos ambientales (biología, ecología, tecnologías geoespaciales, modelación), sociales (percepción y vulnerabilidad social, conocimiento ecológico tradicional, intervención comunitaria) y sobre políticas públicas (Planes de acción contra el cambio climático estatales, estrategias estatales de cambio climático, ordenamientos ecológicos considerando medidas de adaptación). 3. Producción del Plan Estatal de Cambio Climático de Yucatán (2012). 4. Experiencia acumulada de más de 10 años, individual y colectiva. 5. Generación de series de tiempo puntuales de largo plazo para variables ambientales y biológicas en zona costera. 6. Convenios de colaboración entre las instituciones de la red. Esto ha permitido intercambio de estudiantes entre instituciones de la Red. 7. Especialización en el área de trabajo en la zona costera y oceánica. 8. Publicaciones en revistas de alto impacto, y se siguen preparando publicaciones en conjunto. 9. Capacidad para participar de manera conjunta en la búsqueda de financiamiento 10. Plan de acción contra el cambio climático de Tabasco, y Plan de acción de cambio climático y estrategias de política verde de Campeche finalizados. 11. Difusión de los resultados en conferencias, foros nacionales e internacionales, una página web, notas periodísticas, y medios masivos electrónicos. 12. Alianzas estratégicas con colaboradores nacionales e internacionales especialistas en el tema. 13. Lo miembros pertenecen a los comités ejecutivos de otras Redes académicas: Red de Estudios Ecológicos de largo Plazo (MEX-LTER), Programa Mexicano del Carbono. Red Académica sobre Desastres de Tabasco	1. Identificación y evaluación de indicadores de vulnerabilidad social y ambiental. 2. Manejo de *software* especializado para análisis de información (*Garp, MaxEnt, Slam, GAMboost, Dismo, R, Terraset*). 3. Participación en la creación de planes estatales de CC. Este ha sido el caso del Programa de CC de Tabasco (2011) 4. Participación en, y organización de, eventos especializados en CC nacionales e internacionales. Un ejemplo fue el Congreso Mexicano del Carbono en 2014 en Mérida. 5. La Red organiza la fase regional sureste del Congreso de Cambio Climático del PINCC de la UNAM cada año durante los últimos siete años, rotando sedes. Hasta el momento ha organizado en Mérida, Campeche, Villahermosa y Quintana Roo. 6. Asistencia por invitación a la Red a eventos organizados por los Gobiernos Estatales sobre CC. 7. Infraestructura para formación de recursos humanos y desarrollo de proyectos de investigación. 8. Formación de recursos humanos a nivel posgrado (3 posgrados en el padrón de excelencia del CONACyT) 9. Único grupo en México con capacidad instalada para llevar a cabo valoraciones de "Carbono Azul" y con resultados publicados. 10. Único grupo en México con capacidad instalada en red de sitios en la Península de Yucatán para la medición del cambio de elevación del suelo en manglares para valoración de su vulnerabilidad ante el incremento del nivel medio del mar. 11. Único grupo en México con proyectos en ejecución de medidas de adaptación (restauración ecológica) en manglares.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado, basado en estrategias de vinculación dirigidas a atender temas de cambio climático emergidas de recomendaciones y compromisos de México ante los acuerdos internacionales sobre cambio climático ha permitido avanzar conjuntamente con los gestores y gobiernos regionales y locales a generar propuestas con una visión integral abordados desde una perspectiva multidisciplinaria e interinstitucional. El proceso de creación y aplicación de conocimientos realizados por los investigadores de la red ha requerido reflexión individual y colectiva, además de su traducción en productos concretos vinculante (recomendaciones, cursos, conferencias, publicaciones, etc.) que han implicado el reunir las capacidades individuales superando las barreras disciplinarias y en muchos casos restricciones administrativas y de agenda institucionales.

La generación de información científica en el tema de cambio climático no es suficiente para informar a la sociedad o apoyar en la toma de decisiones. Adicional a la generación de conocimiento se requieren 1) estrategias de apropiación de la ciencia por parte de la sociedad, y 2) fortalecer la comunicación que contribuya en las decisiones políticas, en la gestión de los recursos naturales y prioridades y agendas de investigación científica prioritarios para cada región. En este sentido México, como país, ha implementado estrategias para cumplir con los compromisos generales ante el IPCC, como generar instrumentos para alcanzar metas de mitigación y adaptación o la reducción de la vulnerabilidad social ante eventos climáticos. Sin embargo, en la agenda de México no se ha considerado estrategias locales y regionales que generen información de base para la implementación de los instrumentos y mucho menos se ha trabajado en estrategias de apropiación del conocimiento, fundamental para que la sociedad adopte los instrumentos generados desde las instituciones.

Un ejemplo claro de la falta de vinculación y apropiación de la ciencia está representado por la generación de planes estatales de acción contra el cambio climático (PEACCS) que iniciaron en México en el 2006 parte de los planes estratégicos nacionales, comprometidos con el IPCC, para identificar y proponer medidas de adaptación y mitigación a escalas estatales. A lo largo de casi 13 años los Estados han respondido al mandato federal elaborando PEACs utilizando modelos base y directrices proporcionados desde el gobierno Federal. Sin embargo, a pesar de que el compromiso es adoptar estos documentos como documentos rectores en materia de cambio climáticos, no todos los estados que generado los PEACSS han adoptado los instrumentos y estrategias sugeridas. Existen ejemplos, como en el estado de Campeche, Veracruz, entre otros, en donde el esfuerzo únicamente ha llegado hasta la generación del documento. En este panorama la generación de los PEACCs se toma como un compromiso cumplido ante los acuerdos del IPCC, pero no un acuerdo cumplido con la sociedad. Es en este punto en donde la apropiación del conocimiento no ocurre desde los gestores políticos que son los principales para poder implementar acciones hacia la sociedad civil.

En ese sentido, una parte importante de las actividades de la red ha sido la difusión de resultados, como parte de una estrategia que promueve la apropiación del conocimiento, a la sociedad en general. Este ha sido una actividad constante como un compromiso para mantenerlos informados, sobre su trascendencia en relación a los

efectos del cambio climático que pueden comprometer el bienestar de la población. Se han realizado más de 100 participaciones entre notas informativas y entrevistas en diferentes medios de comunicación del Sureste, con los investigadores comunicando los problemas, retos y perspectivas que presenta el cambio climático en el Sureste de México. El resultado de esto ha sido una experiencia colectiva que ha permitido mostrar vías efectivas para que la sociedad se apropie del conocimiento y conozca los compromisos ante el IPCC, pero sobre todo los compromisos que como sociedad tenemos ante los retos del cambio climático.

FUENTES DE CONSULTA

Agrawala, Shardul, Kenneth Broad, David H. Guston. (2001) Integrating climate forecasts and societal decision making: Challenges to an emergent boundary organization. Sci. Technol. Hum., 26(4): 454-477, 2001.

Chapman Audrey and Jessica Wyndham (2013) A Human Right to Science. Science 340(6138) 1291. DOI: 10.1126/science.1233319).

Gobierno de México (2012) Acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio Programa (Continúa de la Segunda Sección). Diario Oficial de la Federación. 24 de noviembre de 2012. DOF_24nov12. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/dof/2012/nov/DOF_24nov12.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Gunderson, Lance H., and Carl Folke (2003) Toward a "Science of the Long View." Conservation Ecology 7(1):15. URL: http://www.consecol.org/vol7/iss1/art15/

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018), Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático. Ed. INECC/UNAM. Disponible en https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/atlas-nacional-de-vulnerabilidad-ante-el-cambio-climatico-anvcc-80137 Recuperado 27 de mayo de 2019

IPCC. (2018) Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Jorgenson, Andrew K., Shirley Fiske, Klaus Hubacek, Jia Li, Tom McGovern, Torben Rick, Juliet B. Schor, William Solecki, Richard York & Ariela Zycherman (2019) Social science perspectives on drivers of and responses

to global climate change. WIREs Clim Change 10:e554, 1-17p. https://doi.org/10.1002/wcc.554

Liobikienė, Genovaitė & Mindaugas Butkusb (2017) The European Union possibilities to achieve targets of Europe 2020 and Paris agreement climate policy. Renewable Energy 106:298-309. DOI: 10.1016/j.renene.2017.01.036.

Organización de las Naciones Unidas (2014) The road to Dignity by 2030: Ending Povertyu, Transforming All Lives and Protecting the Planet, UN document. New York. Recuperado de: http://www.un.org/disabilities/documents/reports/SG_Synthesis_Report_Road_to_Dignity_by_2030.pdf Recuperado 27 de mayo de 2019

Capítulo 27

Seguridad alimentaria en México en contexto del calentamiento global de 1.5°C

Vanessa Lisbeth Morán-Villa, Alejandro Ismael Monterroso-Rivas y

Jesús David Gómez-Díaz

RESUMEN

De mantenerse las emisiones y de acuerdo con el informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) se alcanzaría un calentamiento global de 1.5ºC alrededor del año 2040. El impacto del aumento en la temperatura atenta contra la seguridad alimentaria de México, particularmente en tres de sus cuatro pilares: disponibilidad, acceso y estabilidad. En el documento se describe de manera general el panorama global que se presenta en el reporte pero también se aborda la problemática nacional, de acuerdo con investigaciones publicadas. Los resultados muestran evidencia de afectación sobre la producción de alimentos a través de los cultivos por extremos climáticos: falta de precipitación, aumento de temperaturas nocturnas y diurnas, estrés térmico y, por ende, la propagación de plagas y enfermedades. Para el país y en términos muy generales, alcanzar o rebasar el 1.5°C de temperatura significará la disminución en rendimientos de algunos cultivos así como su correspondiente impacto en términos sociales y económicos.

Palabras clave: adaptación; riesgo; vulnerabilidad; agrícola; rendimientos;

ABSTRACT

If current emissions are maintained and according with IPCC report, a global warming of 1.5ºC would be reached around 2040. The impact of temperature increase threatens Mexico's food security, particularly in three of four pillars: availability, access and stability. The document describes in a general way the global panorama presented in the report but also addresses the national problem, according to recent published research. The results show evidence of effects on the production of food through crops due to climatic extremes: lack of precipitation, increase in night and daytime temperatures, thermal stress and, therefore, the spread of pests and diseases. For the country and in general terms, reaching or exceeding the 1.5°C temperature will mean decrease in yields of some crops as well as their corresponding social and economic impacts.

Keywords: adaptation; risk; vulnerability; agriculture; yields;

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas está en riesgo por el cambio climático. De acuerdo con el reporte especial "*Global warming of 1.5°C*" publicado por el IPCC (2018), a nivel global el clima ha cambiado con relación al período preindustrial, y existen numerosas evidencias de que estos cambios han tenido impactos en los organismos, los ecosistemas, así como en el bienestar humano. El aumento en la temperatura media global de la superficie, que alcanzó los 0.87 °C en el periodo 2006-2015 en comparación con 1850–1900, ha aumentado la frecuencia y la magnitud de los impactos, lo que refuerza la evidencia de cómo un aumento de 1.5°C o más podrían impactar los sistemas naturales y humanos (1.5 °C *vs* 2 °C).

Los especialistas consideran que, de mantenerse las emisiones al ritmo actual, se alcanzaría un calentamiento de 1.5ºC alrededor del año 2040, ya que en las últimas décadas la temperatura ha aumentado 0.2°C por década en promedio. Por lo que es indispensable cumplir con las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) firmadas bajo el Acuerdo de París por 197 países y, aun así, es posible que no sea suficiente para limitar el calentamiento global a 1.5°C. Limitar el calentamiento a 1.5°C significa un reto grande y complejo, principalmente para los países que se encuentran en vías de desarrollo y que están ubicados en la zona intertropical. Las condiciones actuales de vulnerabilidad, las decisiones que se toman y de la implementación de acciones de adaptación y mitigación son fundamentales para atender el reto.

Los riesgos relacionados con el clima para los sistemas naturales y humanos son altos para el calentamiento global a 1.5°C. En ese sentido, en el presente se aborda particularmente el caso de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria en el país. Los escenarios proveen información clave que se discute alrededor: frecuencia e intensidad de eventos extremos, impactos en la biodiversidad terrestre, en los ecosistemas y sus servicios ambientales, la ganadería, disponibilidad de agua y alimentos, salud y seguridad humana, y por ende, en el crecimiento económico.

REPORTE DEL IPCC Y EL CONTEXTO GLOBAL

El reporte del IPCC indica que en términos de seguridad alimentaria es difícil cuantificar los impactos debido a la enorme cantidad de variables y factores de los que depende. Sin embargo, prevé que las reducciones en la disponibilidad de alimentos serán mayores con 2ºC que con 1.5°C, especialmente en el Sahel, el sur de África, el Mediterráneo, en Europa central y el Amazonas.

La producción de cultivos se verá afectada por extremos climáticos: precipitación, aumento de temperaturas nocturnas y diurnas, estrés térmico y, por ende, la propagación de plagas y enfermedades. Restringir el aumento de temperatura a 1.5°C evitará riesgos significativos por la disminución de los rendimientos en cultivos tropicales de África, Sudeste de Asia, América Central y Sudamérica. Alcanzar los 2°C, significaría la reducción drástica de los rendimientos mundiales de los cultivos. Se menciona que con 2°C Omán, Bangladesh, Mauritania, Yemen y Níger serán más vulnerables por penuria de alimentos; en tanto que Burkina Faso, Malí y Sudán podrían mejorar su situación alimenticia, ya que las sequías serían menos duras.

Las tendencias de temperatura y precipitación han reducido la producción y los rendimientos de los cultivos, con los impactos más negativos en trigo y maíz, por lo que limitar el calentamiento a 1.5°C evitaría mayores pérdidas en rendimientos, sobre todo en las zonas más secas; mientras que los efectos sobre los rendimientos del arroz y la soya son menos claros por lo que pueden ser positivos o negativos. El calentamiento ha dado lugar a efectos positivos en el rendimiento de las cosechas en algunas zonas de alta latitud, y puede ser posible tener más de una cosecha al año. Las tendencias climáticas también explican los cambios en la duración de la temporada de crecimiento, con mayores modificaciones encontradas en las zonas septentrionales de alta latitud.

Los estudios sobre los principales cereales muestran que los rendimientos de maíz y trigo comienzan a disminuir con 1 °C – 2 °C de calentamiento local y bajo condiciones de estrés nitrogenado en latitudes bajas. Se ha proyectado que se verá una reducción significativa para la producción global de trigo (6.0± 2.9%), arroz (3.2±3.7), maíz (7.4±4.5) y soya (3.1) por cada grado Celsius incrementado en la temperatura media global.

Respecto a ganadería, el calentamiento global, traería como consecuencia la disminución de rendimientos y calidad de los productos, como la leche; e indirectamente a través de cambios en la calidad de los piensos y la propagación de plagas y enfermedades. Además, se prevé que cause cambios en los procesos fisiológicos del ganado, tales como: aumento de angustia térmica, sudoración y altas tasas respiratorias; teniendo efectos perjudiciales sobre la alimentación animal, las tasas de crecimiento y la reproducción, por lo que se necesitaría más agua y alimentos para el consumo del ganado, pero sobre todo reflejaría un aumento de metano en la atmósfera. Globalmente, se espera una disminución en el ganado entre el 7% y el 10% a unos 2 °C de calentamiento.

El aumento de la temperatura probablemente inducirá cambios en la cantidad y disponibilidad de agua en las cuencas, llevando a las poblaciones humanas y pecuarias a experimentar estrés hídrico, especialmente en las zonas más secas tales como África subsahariana y Asia meridional.

El PIB sería 5% mayor si el calentamiento global no rebasa el 1.5°C. Es altamente probable que los países pobres sean cada vez más pobres y que los países ricos puedan mantenerse igual, principalmente por el impacto del calentamiento en la agricultura y los precios de los alimentos; lo que podría inducir la migración, principalmente de las personas dedicadas al sector agrícola.

La pesca y la acuicultura mundiales contribuyen anualmente con un total de 88.6 y 59.8 millones toneladas de pescado y otros productos, y desempeñan un papel importante en la seguridad alimentaria de un gran número de países, además de ser esenciales para satisfacer la demanda proteica de una creciente población mundial. Un aumento constante de los riesgos asociados con la captura de bivalvos y la acuicultura en latitudes medias, es coincidente con los aumentos de temperatura, la acidificación de los océanos, especies introducidas y enfermedades.

Los rápidos cambios en la biogeografía de las especies y la rápida degradación de

los ecosistemas clave, como los arrecifes de coral, los pastos marinos y los manglares son amenazas crecientes. Estos cambios, junto con las tensiones no climáticas (como la contaminación, la sobrepesca y el desarrollo costero insostenible), están impulsando muchas pesquerías en pequeña escala muy por debajo de los niveles de cosecha sostenibles requeridos para mantener estos recursos como fuente de alimentos.

Los riesgos de los impactos relacionados con el cambio climático en las pesquerías de aleta de baja latitud a pequeña escala son moderados hoy en día, pero se espera que alcancen niveles muy altos a 1.1 °C del calentamiento global. Las proyecciones para pesquerías de latitud media a alta, incluyen aumentos en la productividad pesquera en algunos casos. Estas proyecciones están asociadas con el cambio biogeográfico de las especies hacia latitudes más elevadas, debido al calentamiento, el aumento de los niveles de luz y la mezcla de aguas por el retroceso del hielo marino, que resultan en aumentos sustanciales de la productividad primaria y la captura de peces particularmente en el norte Pacífico y Atlántico Norte, aportando tanto beneficios como desafíos por un mayor riesgo de enfermedades y especies invasoras.

SEGURIDAD ALIMENTARIA

Los efectos previstos del cambio climático (aumento de las temperaturas, mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, escasez de agua, elevación del nivel del mar, acidificación de los océanos, degradación de la tierra, perturbación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad) podrían comprometer seriamente la capacidad de la agricultura para alimentar a los más vulnerables, impidiendo el avance hacia la erradicación del hambre, la malnutrición y la pobreza.

La afectación y sus repercusiones a los sectores de la agricultura en muchas partes del mundo por el cambio climático aumentarán en los próximos años y decenios (FAO, 2016). Una gran cantidad de pruebas apunta a la prevalencia de consecuencias negativas donde se tendrán sistemas agrícolas cada vez menos productivos y algunas especies de plantas y animales continuarán desapareciendo. Estos cambios perjudicarán directamente a la producción agrícola, lo que tendrá repercusiones económicas y sociales y, por último, consecuencias para la seguridad alimentaria.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la seguridad alimentaria se define como la “situación que se da cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana”. (FAO, 2016)

De este modo, pueden determinarse cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria:

1) disponibilidad de alimentos
2) acceso físico y económico a los mismos
3) utilización de los alimentos y
4) estabilidad a lo largo del tiempo

Cualquier cambio en uno de estos pilares podría conllevar a condiciones de inseguridad alimentaria. El cambio climático está afectando mayoritariamente tres de los cuatro pilares que sostienen la seguridad alimentaria: la disponibilidad, el acceso y la estabilidad.

La disponibilidad se ve afectada al disminuir los rendimientos agrícolas y las superficies aptas para los cultivos. A nivel global se ha descubierto que el cambio climático incrementará la variabilidad en el rendimiento de los cultivos, de modo que la incertidumbre asociada a la producción tendrá efectos inesperados en la seguridad alimentaria. La seguridad alimentaria se encontraría mayormente comprometida en las zonas de agricultura de temporal, con población en condiciones económicamente precarias y con capital financiero, social y natural limitado. El cambio climático puede inducir para 2050 una reducción del 13% en el rendimiento neto de maíz en China, sin el efecto de fertilización por CO_2. Otras investigaciones reportan disminución de hasta 32% en el rendimiento de maíz irrigado y 33.7 en maíz de temporal, con un aumento de temperatura de 3°C. Si se agrega el efecto de fertilización por CO_2 la disminución es de 26.6% y 25.9%, respectivamente. En la India proyectan para el año 2080 que el rendimiento del maíz se reduzca hasta 35% en la meseta sur, mientras que en invierno la reducción seria de hasta 55% en las llanuras medias del Indo-Ganges. En Estados Unidos el rendimiento de maíz para 2070-2099 disminuiría 43% a 79%, sin considerar los efectos de fertilización de CO_2 (Schlenker y Roberts, 2008). Para el sureste habría un declive en la producción de 1% a 20% en aproximadamente el 80% de la región y en California se ha proyectado una reducción de 22.9% en la producción de este mismo cultivo para el año 2050. En contraste, en Brasil se espera que los rendimientos de maíz aumenten 25% bajo las nuevas condiciones climáticas que se proyectan para la región en el futuro. Según Parkes et al., (2017), se espera que en África occidental los rendimientos de los cultivos disminuyan con el cambio climático y que varias regiones en crecimiento ya no sean viables en las próximas décadas.

El segundo pilar afectado es el acceso físico y económico a los alimentos. Será fundamentalmente afectado mediante el aumento de los precios de los alimentos, haciendo más difícil la obtención de alimentos por una parte importante de la población. El aumento de la población y la elevación de los ingresos en una buena parte del mundo en desarrollo han impulsado la demanda de alimentos y de otros productos agrícolas hasta niveles sin precedentes. Se estima que la producción mundial de alimentos tendrá que aumentar en un 70% para el 2050 y que los requerimientos de agua duplicarían las necesidades actuales para el 2025. Como resultado del balance entre oferta y demanda, se espera una disminución en la accesibilidad a los alimentos para una gran parte de la población debido a que la mayoría de los escenarios, proyectan efectos adversos del cambio climático sobre la producción, como consecuencia de la variabilidad agroclimática.

En cuanto al tercer pilar de la seguridad alimentaria afectado es la estabilidad de la producción agrícola a lo largo del tiempo. Existe un riesgo en la agricultura que amenaza la seguridad alimentaria de los países, sin embargo, dicho riesgo se intensifica con la variabilidad del cambio climático, debido, principalmente, a su impacto en la producción de alimentos (FAO, 2016). Temperaturas más cálidas podrían beneficiar el crecimiento de determinados cultivos en algunas partes del mundo. Sin embargo,

si las temperaturas superan los niveles óptimos para el cultivo, o si no se dispone de agua o de nutrientes suficientes, probablemente se producirá una disminución del rendimiento. Un aumento en la frecuencia de los fenómenos extremos, especialmente de inundaciones y sequías, será perjudicial para los cultivos y reducirá aún más los rendimientos (FAO, 2016). Combatir la sequía podría convertirse en un importante reto en zonas en las que se prevé un aumento de la temperatura media y una disminución de las precipitaciones. Existen numerosas malezas, plagas de insectos y enfermedades que crecen en condiciones de temperaturas más cálidas, climas más húmedos y niveles más altos de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera.

Un incremento de las temperaturas extremas, unido a una disminución de las precipitaciones, así como el acortamiento del ciclo fenológico, pueden impedir que los cultivos alcancen su rendimiento potencial al limitar su actividad fotosintética y aumentar su respiración. La sequía podría tener consecuencias adversas para el suministro de agua, la producción de alimentos y el medio ambiente en general. Las graves sequías en el pasado reciente han ganado amplia atención. Estas sequías incluyen la sequía del Milenio en el sudeste de Australia, las sequías de un siglo en el sudoeste de China, la sequía del Cuerno de África y la sequía más reciente de California.

En el contexto del cambio climático, es probable que los riesgos de sequía relacionados con la duración y la intensidad aumenten en muchas regiones históricas propensas a la sequía con el calentamiento global. Liu et al., (2018) observaron que la duración de la sequía aumentaría a nivel global, en especial para el Amazonas, el Sahara, el noreste de Brasil y al norte de Australia excepto en el norte de Asia. Los cambios en la duración de la sequía, la intensidad y la severidad con el calentamiento del clima en 1.5 y 2°C proyectados concuerdan en general con los cambios encontrados por el IPCC (2013) a pesar de la variación regional. El riesgo creciente de sequía en el Sahara, el norte de Australia y el sur de África coincidió con Huang et al. (2017), que proyectó que las tierras áridas del mundo se degradarían en el mundo a 2°C. Además, los aumentos en la duración, intensidad y severidad de la sequía en América Central, el Amazonas, el sur de África y el Mediterráneo varían de acuerdo con la extensión de la longitud del período seco y la menor disponibilidad de agua en estas regiones bajo el calentamiento de 1.5 y 2°C (Schleussner et al., 2016; Lehner et al., 2017). Aunado a esto, se encontró que las poblaciones afectadas se atribuyen más (50–75%) al crecimiento de la población en lugar de a la severa sequía provocada por el cambio climático a 1.5 y 2°C.

La población total severamente afectada por la sequía aumentaría bajo estos objetivos de calentamiento en la mayoría de las regiones, excepto en el este de Asia, el norte de Asia, el sur de Asia, el sudeste de Asia, la meseta tibetana y la costa oeste de América del Sur. La afectación aumentaría en las áreas urbanas y disminuiría en las áreas rurales en todas las regiones del mundo en 1.5 y 2°C. Las proyecciones sugieren que más poblaciones urbanas estarían expuestas a sequías severas en Europa Central, Europa del Sur y el Mediterráneo, África Occidental, Asia Oriental, Asia occidental y el sudeste asiático con un aumento a 1.5 C y aumentaría aún más a 2°C.

En términos de las poblaciones rurales, menos personas en Asia Central, América del Norte central, sur de Europa y el Mediterráneo, el sur de África, el Sáhara, Asia

del Sur, Meseta Tibetana y Oeste de América del Norte estarían expuestas a la sequía severa a 1.5 y 2°C. Las distintas influencias de las sequías severas en las poblaciones urbanas y rurales se deben tanto al calentamiento climático como al crecimiento de la población, especialmente por la migración de la población inducida por la urbanización.

Cuando el calentamiento global se acerque a 1.5°C (en lugar de 2°C) por encima de los niveles preindustriales, las poblaciones urbanas y rurales (excepto África Oriental y Asia Meridional) se verán mayormente afectados por una sequía más frecuente en la mayoría de las regiones, como en el Este. Asia, el sur de Europa y el Mediterráneo, Europa central y la Amazonía. Esto implica que el beneficio de mantener el calentamiento global en 1.5°C en lugar de 2°C es evidente para las poblaciones urbanas y rurales severamente afectadas por la sequía en la mayoría de las regiones, pero los grandes desafíos continúan siendo África Oriental y Asia Meridional.

AUMENTO GLOBAL DE 1.5°C Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO

El cambio climático ha puesto de manifiesto la susceptibilidad de la soberanía alimentaria de México, agravada principalmente por este fenómeno. Los recursos de suelo y agua se vuelven menos nutritivos y abundantes, y los efectos del cambio climático introducen gran incertidumbre. Las actividades agrícolas y ganaderas del país dependen del comportamiento climático: poco más de 20 millones de hectáreas, o el 16.6% de la superficie, se destina para la agricultura, y de ésta el 73% es de temporal y el 26% restante de riego. Además, poco más de 109 millones de hectáreas son destinadas para la ganadería (SIAP, 2018). SAGARPA reporta que los principales granos básicos que se cultivan son: maíz, 76%; frijol, 11.8%; trigo, 11.5% y arroz, 0.8%.

El impacto del 1.5°C global sobre la producción agrícola nacional y seguridad alimentaria ha sido poco estudiado. Sin embargo, existen investigaciones en desarrollo que seguramente pronto saldrán a la luz y darán mayores elementos para la toma de decisiones. Por ahora y en el contexto de seguridad alimentaria para México se encuentran dos dimensiones de análisis: la disponibilidad y producción de alimentos así como la estabilidad a lo largo del tiempo.

En lo que se refiere a la estabilidad a largo del tiempo se cuenta con resultados que incluyen el impacto sobre los suelos, en la temperatura y humedad de estos. La humedad del suelo es el principal recurso natural de agua para la agricultura y la vegetación natural, y está directamente relacionado con la sequía agrícola. En consecuencia, los cambios en la humedad del suelo son vitales para evaluar los impactos del cambio climático en la producción agrícola y los ecosistemas naturales, considerando que el cambio climático es uno de los principales factores que influye en la humedad del suelo (Seneviratne et al., 2010).

Ante el incremento global de 1.5°C los resultados de Gómez et al (2018a, 2018b) indican que existe una tendencia marcada en el incremento del estrés hídrico en los suelos del país y un desplazamiento hacia regímenes más secos en todas las clases, con mayor proporción según los modelos HADGEM y MPI, particularmente más alta en el primero. En el modelo GFDL disminuye ligeramente la superficie más seca y aumenta la de humedad intermedia con disminuciones de las superficies más húmedas, por lo

que se estiman incrementos de la temperatura para todo el país, con diferencias en las distintas regiones.

Una de las principales funciones del suelo es la producción de biomasa al proporcionar agua, nutrientes, aire y la base física para el crecimiento de las plantas, lo que influye directamente en la cadena alimentaria. Todos los procesos de este sistema dependen en gran medida de la temperatura, la disponibilidad de agua y, especialmente, de las actividades biológicas, todo esto determina las características de los suelos y sus funciones para las sociedades humanas y el medio ambiente. Esta función está severamente amenazada por el cambio climático, a través de los cambios en los procesos del suelo y sus características, así como los bienes y servicios proporcionados por este (Blum, 2005).

El aumento en la temperatura del suelo puede producir cambios en la estructura y productividad del mismo que pueden llegar a ocasionar pérdidas de la productividad y las funciones naturales del suelo. La erosión hídrica impacta en la perdida de suelo por acción de la lluvia, en conjunto con otros factores. Un impacto inmediato es en la disminución de la profundidad del suelo. Generalmente la capa de suelo que se pierde por erosión hídrica corresponde a los horizontes superiores, los cuales contienen materia orgánica necesaria para el buen funcionamiento de la capacidad productiva del suelo (Gómez-Díaz et al, 2018b). Por ello, la erosión hídrica impacta tanto en la profundidad como en la fertilidad de los suelos.

En la producción y disponibilidad de alimentos y de acuerdo con Arce (2017), México al depender casi en su totalidad del temporal para la producción, los cambios drásticos y los eventos climáticos extremos pueden afectar los cultivos de temporal comparativamente más que aquellos con riego. La seguridad alimentaria se encontraría mayormente comprometida en las zonas de agricultura de temporal, con población en condiciones económicamente precarias y con capital financiero, social y natural limitado. Ruiz Corral et al., (2016) encontraron que para el año 2050 se puede esperar un incremento de la temperatura media para el ciclo Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI) de 2 a 3°C. Otros efectos visibles son en la disminución de áreas aptas para los cultivos como resultado del incremento de la temperatura y la disminución de la precipitación.

El cereal más importante en la alimentación de la población en México es el **maíz**, el cual está muy ligado a la cultura, además es un recurso genético de suma importancia para la seguridad alimentaria. De acuerdo con Ahumada et al (2014), el 77% de la superficie territorial del país es apto para el cultivo de por lo menos una raza de maíz; sin embargo, las proyecciones para 2030 indican que 43 de 47 razas presentes en México mostraron una disminución en sus áreas de distribución potencial y cuatro presentaron un incremento; mientras que para 2050, 44 redujeron sus áreas y sólo 3 las aumentaron. Los mayores impactos del incremento de la temperatura y de la variabilidad de la precipitación en el cultivo de maíz son la reducción del rendimiento, por la afectación en las etapas de desarrollo del cultivo, así como la disminución de las áreas aptas para el desarrollo del cultivo bajo condiciones de temporal. A corto plazo, los efectos son mínimos; existen regiones donde la producción podría mantenerse o incrementarse (latitudes templadas y valles altos).

Ante un aumento de 1.5°C los escenarios con RCP 4.5 de acuerdo con los modelos HADGEM y GFDL prevén incremento hasta de 1.2 t/ha en la producción de **cebada** aproximadamente para ambos horizontes de tiempo. Sin embargo, muestran disminución promedio para el horizonte lejano en 2 t/ha en la producción de biomasa con respecto al valor base. El modelo MPI con RCP 4.5 y 8.5 presenta incrementos del 56% y 28% respectivamente para ambos horizontes temporales (Monterroso et al, 2018). Los modelos HADGEM y GFDL registran disminución en el rendimiento cercano al 60% del valor base en el horizonte 2051 con RCP 8.5, siendo este último el escenario más severo. Es posible identificar la relación directa entre los cambios en la producción de biomasa y su efecto en los volúmenes de grano proyectado bajo escenarios de cambio climático.

El rendimiento de **frijol** ante un aumento global de temperatura de 1.5° C sería crítico, ya que todos los escenarios son de disminución e incluso hasta cero. Es posible observar simulaciones con aumento de 2°C donde en una pequeña parte del país y según el escenario HADGEM, RCP 4.5 mantiene una condición de aumento en el rendimiento del cultivo en 2.5%. En el occidente del país, en Atotonilco, Jalisco, la mayoría de los escenarios señalan un incremento en la precipitación durante el periodo de crecimiento para la estación Atotonilco con respecto al volumen histórico.

De entre ellos el modelo GFDL RCP 8.5 presenta el mayor incremento al hablar de poco más de 100 mm de diferencia. Aun y cuando se presenta cambio en la precipitación durante el periodo de crecimiento para todos los modelos, la producción de biomasa para todos los modelos va en decremento, por el marcado aumento de la temperatura, con la excepción del GFDL RCP 4.5 el cual, sugiere un decremento, cayendo para los años 2040. En lo que se refiere a los demás modelos, todos van en decremento, siendo más drástico lo obtenido por el modelo HADGEM en ambos RCP y horizontes de tiempo. Para este lugar los rendimientos decrecen en todos los modelos, ambos RCP y ambos horizontes de tiempo, considerándose con mayor magnitud lo obtenido por el modelo HADGEM RCP 4.5 para el 2041 y 2051 con un decremento del 84.1% sobre el actual para ambos casos (Arce, 2017; Monterroso et al., 2018). Para el centro del país, caso Chapingo, se encontró que los diferentes escenarios de rendimiento son de hasta 97% en disminuciones. El estrés hídrico por cobertura llega en algunos casos hasta el 80%, lo que implica que la planta de frijol no tendría oportunidad de desarrollar fotosíntesis correctamente.

En cuanto a **sorgo**, en González, Tamaulipas el escenario más severo cuya producción de biomasa estimada corresponde a una pérdida del 27% y los rendimientos obtenidos para el cultivo según el modelo HADGEM con RCP 4.5 el rendimiento disminuye en 30%. En Celaya, Guanajuato se presenta un decremento para todos los escenarios, RCP y horizontes de tiempo, siendo el modelo GFDL RCP 4.5, el que presenta un decremento mayor para el horizonte de tiempo 2041, y el modelo HADGEM RCP 8.5 para el horizonte 2051, con un decremento del 68.22% y 71.15 % respectivamente (Monterroso et al., 2018).

Los resultados anteriores son consistentes con otro estudio reciente (Arce, 2017) donde se prevé que el rendimiento de maíz puede ser ligeramente favorecedor durante un horizonte cercano (2015-2039) pero tendiendo a disminuir en la mayoría de los escenarios hasta en un -20%. El autor indica que con respecto al horizonte lejano

(2075-2099) los rendimientos proyectan un cambio aún más negativo, algunos de los escenarios proyectan hasta un -80% en el rendimiento. Aún sin cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria mundial y nacionales afrontan enormes desafíos.

En un rápido ejercicio es posible estimar algún costo del impacto del aumento de 1.5°C global. Lo anterior con el único objetivo de hacer evidentes las posibilidades y repercusiones que se tendrían en el país. Por supuesto que hay muchas más variables en juego que aquí no se consideran. Se toma en cuenta entonces la información de SIAP (2018) sobre el valor anual de la producción respecto al año 2017, que incluye las modalidades riego y temporal y calculado en miles de pesos para el país.

Para **cebada** (grano) la superficie sembrada en el año 2017 fue de 354,756 hectáreas y una producción nacional de poco más de 1 millón de toneladas. La relación resulta en un rendimiento medio de 2.84 toneladas por hectárea. De modo que siguiendo el impacto del aumento de 1.5°C global se tendría una caída del rendimiento de 60%, como se mostró en párrafos anteriores y se estimaría una producción nacional de poco más de 400 mil toneladas. Es decir, perdida de 600 mil toneladas, que a un precio medio rural de 4,216 pesos por tonelada equivaldría a pérdidas de hasta 2,550,000 miles de pesos (al año 2017).

En un ejercicio similar, el **frijol** en grano observó una superficie sembrada en el año 2017 de poco más de 1.6 millones de hectáreas y una producción nacional de poco más de 1.1 millón de toneladas. La relación resulta en un rendimiento medio de 0.73 toneladas por hectárea. De modo que siguiendo el impacto del aumento de 1.5°C global se tendría una caída del rendimiento de, conservadoramente, hasta el 80% y se estimaría una producción nacional de poco más de 200 mil toneladas. Es decir, perdida de 900 mil toneladas, que a un precio medio rural de 13,832 pesos por tonelada equivaldría a pérdidas de hasta 13,128,000 miles de pesos (al año 2017).

Como se observa, los cambios de temperatura global tendrán impacto en el desarrollo de los cultivos y pueden afectar su tasa de crecimiento, limitar su actividad fotosintética y aumentar su respiración, provocando un acortamiento del ciclo fenológico que a su vez, reduciría el rendimiento potencial de los cultivos. En las zonas cálidas del país con altas precipitaciones la principal limitante es la fertilidad de los suelos. Algunos sitios de climas fríos podrían alcanzar una mayor biomasa potencial beneficiándose de un aumento de la estación de crecimiento, aunque la disponibilidad hídrica limitaría su aprovechamiento. Un aumento en la concentración de dióxido de carbono podría conllevar a una mayor productividad, aunque no en el país, si no en latitudes más altas. Pero la demanda hídrica se incrementaría para poder aprovechar el gas.

Los cambios en la estructura y composición de los suelos será un factor limitante tanto para la producción de alimentos como para proveer los servicios ecosistémicos que permitan mantener e incrementar la captura de carbono, por lo que la implementación de acciones de mitigación y adaptación que permitan disminuir los efectos del cambio climático en la pérdida y degradación de suelo serán vitales.

Se requiere continuar con estudios que exploren posibilidades de adaptación.

Como aquellos de Arce (2017) que manifiestan potencial sobre el cambio de fechas de siembra, cosecha basado en la fenología de cada variedad, o como el uso de acolchados. Aunque responde a situaciones completamente locales se estima que podrían variar los beneficios de acuerdo con la región del país y a las necesidades de cada cultivo, permitiendo recuperar desde el 5% y hasta el 20% del rendimiento.

CONCLUSIONES

En el contexto del desarrollo sostenible y el bienestar humano lo más conveniente es detener el calentamiento global. Por ahora el reto es no rebasar 1.5°C para con ello evitar que los impactos sean más pronunciados. Sin embargo, los impactos ya se pueden percibir en la producción de alimentos y la correspondiente seguridad alimentaria de las poblaciones.

Globalmente la transición que se requiere para limitar el calentamiento global a 1.5°C implica centrar los esfuerzos y actuar con rapidez en la reducción de las emisiones en todos los sectores, pero también realizar ajustes en las actividades actuales que permitan a los sistemas productivos adaptarse a las nuevas condiciones climáticas que empiezan a ser normales. El esfuerzo implica cambiar comportamientos de naciones e individuos. Las transformaciones se requieren a diferentes niveles: local, nacional y global, identificando las estrategias que generen sinergia entre las acciones de mitigación y adaptación combinadas con iniciativas basadas e impulsadas por las comunidades, lideradas por los gobiernos y fusionadas con el conocimiento proveniente de la comunidad científica.

México requiere de políticas que incluyan al campesino, al productor agrícola y ganadero, y a las comunidades marginadas. No solo políticas de mitigación para cumplir con acuerdos internacionales. La seguridad alimentaria implica mas allá de la producción de alimentos, también se incluye su acceso, su capacidad de cocinar y usarse así como garantizarse en el tiempo. El campo mexicano es el receptor de las políticas territoriales que deben ser transdisciplinarias y dejar de verse unidimensionalmente, ya que la producción y riqueza agrícola del país incluye agua, suelos, genes, diversidad y cultura. Sin estas transformaciones, los impactos podrían arrastrar mayores implicaciones para la humanidad y la seguridad alimentaria.

FUENTES DE CONSULTA

Ahumada Cervantes, R., Velázquez Angulo, G., Flores Tavizón, E., Romero González, J. (2014) Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. Investigación y Ciencia, 22(61): 48-53 Universidad Autónoma de Aguascalientes ISSN: 1665-4412 Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67431579007

Arce, R. A. (2017) Estimación de rendimientos potenciales con escenarios de cambio climático para diversos cultivos agrícolas en México. Informe final. INECC. 217p. https://www.gob.mx/inecc/documentos/estimacion-de-rendimientos-potenciales-

con-escenarios-de-cambio-climatico-para-diversos-cultivos-agricolas-en-mexico-informe

Blum, W.E.H. (2005) Soil and climate change. (2005). J. Soils & Sediments 5 (2), 67-68. DOI: http://dx.doi.org/10.0165/jss2005.02.006.

FAO. (2016) El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. Roma, Italia. 214 p. http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf

Gómez Díaz, J. D., Monterroso Rivas, A. I., Lechuga Gayosso, L. M., & Ruiz García, Patricia, Conde Álvarez, C. (2018a) Impacto del cambio climático en los regímenes de temperatura del suelo en México. Memorias del XI Congreso de la asociación española de climatología 2018. El clima: aire, agua, tierra y fuego (pp. 783–791). Cartagena, España. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología Serie A, no. 11.

Gómez Díaz, J. D., Monterroso Rivas, A. I., Lechuga Gayosso, L. M., & Ruiz García, Patricia, Conde Álvarez, C. (2018b) Régimen de humedad de los suelos de México considerando un incremento de la temperatura media global de 1.5°C. Memorias del XI Congreso de la asociación española de climatología 2018. El clima: aire, agua, tierra y fuego. (pp. 773–781). Cartagena, España. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología Serie A, no. 11.

Huang, J. P., Yu, H. P., Dai, A. G., Wei, Y., Kang, L. T. (2017) Drylands face potential threat under 2°C global warming target, Nat. Clim. Change, 7, 417–422. https://doi.org/10.1038/nclimate3275

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2018) Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development and efforts to eradicate poverty [V. Masson- Delmotte, P. Zhai, H. O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. pag. 175-311.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013) The physical science basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Summary for Policymakers. In: Stocker, T. F.; Dahe, Q.; Gian-Kasper, P.; Melinda, M. B.; Tignor, Simon, K. A.; Judith, B.; Alexander, N.; Yu, X.; Bex, V. and Midgley, M. P. (Eds.). Switzerland. 27 p.

Lehner, F., Coats, S., Stocker, T. F., Pendergrass, A. G., Sanderson, B. M., Paible, C. C., Smerdon, J. E. (2017) Projected drought risk in 1.5°C and 2°C warmer climates, Geophys. Res. Lett., 44, 7419– 7428, https://doi.org/10.1002/2017GL074117

Liu, W., Sun, F., Ho Lim, W., Zhang, J., Wang, H., Shiogama, H., & Zhang, Y. (2018) Global drought and severe drought-Affected populations in 1.5 and 2°C warmer worlds. Earth System Dynamics, 9(1), 267–283. https://doi.org/10.5194/esd-9-267-2018

Monterroso, A. I., Gómez Díaz, J. D., & Arce, A. R. (2018) Cambios proyectados en el rendimiento de cinco cultivos ante un aumento de la temperatura global de 1.5°C y 2°C en México. Memorias del XI Congreso de la asociación española de climatología 2018. El clima: aire, agua, tierra y fuego. Cartagena, España. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología Serie A, no. 11.

Parkes B., Defrance, D., Sultan, B., Ciais, P., Wang, X. (2017) Projected changes in crop yield mean and variability over West Africa in a world 1.5 K warmer than the pre-industrial. Earth Syst. Dynam. Discuss., https://doi.org/10.5194/esd-2017-66 Manuscript under review for journal Earth Syst. Dynam.

Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., Rodríguez Moreno, V. M., Sánchez Gonzáñes, J. de J., Villavicencio García, R., Durán Puga, N., García Romero, G. E. (2016) Regionalización del cambio climático en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (13), 2451–2464. https://doi.org/10.1007/s10517-007-0192-x

Seneviratne Sonia, Thierry Corti, Edouard L. Davin, Martin Hirschi, Eric B. Jaeger, Irene Lehner, Boris Orlowsky, Adriaan J. Teuling, (2010) Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. Earth-Science Reviews 99 (3–4) 125-161. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.004

SIAP.(2018)Atlasagroalimentario2012-2018.SistemadeInformaciónAgroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. 222p.

Schleussner, C., Lissner, T.K., Fischer, E.M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj, J., Childers, K., Schewe, J., Frieler, K., Mengel, M., Hare, W., Schaeffer, M. (2016) Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5 °C and 2°C, Earth Syst. Dynam., 7, 327–351, https://doi.org/10.5194/esd-7-327-2016

Schlenker, W. y Roberts, M. (2008) Estimating the impact of climate change on crop yields: the importance of nonlinear temperature effects. Working Paper 13799, National Bureau of Economic Research, Cambridge. De: http://www.nber.org./papers/w13799., 12 feb. 2013.

Capítulo 28

Hacia un laboratorio de *datos calientes* para un clima caliente; una propuesta metodológica

Hans Dieleman

RESUMEN

Este capítulo propone una nueva metodología para generar datos, llamada la generación de datos calientes. Este concepto ha sido introducido en el año 2012 por parte de la cineasta, autora, educadora y miembro del Club de Roma, Nora Bateson, hija del famoso biólogo, antropólogo y cofundador de la cibernética Gregory Bateson. Los datos calientes forman filosóficamente hablando parte del pensamiento sistémico/complejo no lineal, asumiendo que todo en la vida está interconectado y contextualizado. Su generación tiene dos pasos principales. El primer es ver a un objeto de estudios dentro de sus contextos de infinitos conexiones, por medio de crear un mosaico de varios contextos y perspectivas. El segundo paso es vincular los contextos, buscando interdependencias y así crear un transcontexto. La generación de datos calientes va más allá de buscar relaciones lógicas del tipo deductivo o inductivo, ya que incluye también relaciones metafóricas, asociativas, alegóricas o narrativas, del tipo abductivo. Después de presentar el concepto de los datos calientes, se presenta al final del capítulo una propuesta para un laboratorio que sirva para dicha finalidad. Antes de presentar la propuesta, se contextualiza la propuesta en una nueva narrativa para la humanidad, una narrativa que corresponde con el pensamiento sistémico/complejo no-lineal.

Palabras clave: datos calientes, abducción, contextualización, laboratorio, cambio climático

ABSTRACT

This chapter proposes a new methodology for generating data, called the generation of warm data. This concept was introduced in 2012 by the filmmaker, author, educator and member of the Club of Rome, Nora Bateson, daughter of the famous biologist, anthropologist and co-founder of cybernetics Gregory Bateson. The essence of warm data is that they are contextualized and interconnected, while the concept can philosophically be located in systems and non-linear complexity thinking. Their generation has basically two steps. The first is seeing an object of study within the context of its numerous connections, by means of creating a mosaic of various contexts and perspectives. Subsequently the contexts are connected looking for their interdependencies, thus creating a transcontext. This goes beyond looking for logical relations of a deductive or inductive nature, and includes metaphorical, associative, allegorical or narrative relationships, of an abductive nature. After presenting the concept of warm data, a proposal for a warm data laboratory is presented at the end of the chapter. Before presenting the proposal, it is first contextualized in a new narrative

for humanity, a narrative that corresponds with systems and non-linear complexity thinking.

Key words: warm data, abduction, contextualization, laboratory, climate change

INTRODUCCIÓN

¿Vamos a ser capaces de quedarnos dentro de un rango de 1.5°C de elevación de la temperatura media del planeta? Los procesos políticos son lentos y complejos y no es muy probable que podamos -todos los países en conjunto y cada país por su cuenta- realizar lo necesario dentro de un periodo no mayor a 12 años. Sin embargo, en el caso que lo logremos, el cambio climático todavía nos obligará a cambiar casi todo en nuestras vidas. Como dice la novelista canadiense Margaret Atwood, el "*Climate Change*" es un "*Everything Change*", un cambio de todo.[1] El argumento para hacer dicha sentencia es que no dependemos únicamente del petróleo, sino que hemos creado nuestro mundo con petróleo: hogares, oficinas, industrias, muebles, herramientas, transporte, ropa, etc. Por ello, la sociedad pos-petrolero, necesariamente, va a ser totalmente diferente de la sociedad que tenemos ahora.

Otro artista canadiense, Leonard Cohen, dijo en su canción "*The Future*", (1992) básicamente lo mismo que Atwood, pero fue un paso más adelante y predijo el caos y el desorden total:

He visto el futuro, hermano:
Es matar.
Las cosas van a descarrilarse en todas direcciones
No habrá nada
Nada que puedas volver a medir
La ventisca del mundo
ha cruzado el umbral y ha volcado
el orden del alma

El 'cambio de todo' va a ser inevitable y la pregunta es: ¿tenemos las herramientas para gestionar un proceso de transición, sin descarrilarnos en todas direcciones, caer en el caos y en el desorden del alma? Vamos a necesitar muchas herramientas nuevas, de todo tipo. En este capítulo, se revisará una herramienta epistemológica novedosa, una forma nueva de generar datos. Las nuevas herramientas se justifican en un hecho básico: necesitamos ir un paso más allá de la ciencia moderna, incluso de la multi e interdisciplina. Se necesita una ciencia novedosa que realmente conecte la realidad (más allá del análisis) y regenere la confianza en el gran público.

El cambio de todo, también requerirá un cambio de ciencia y su metodología; sería ilógico pensar en un cambio de todo, y que no se modifique la ciencia. Este tipo de cambio no es únicamente relevante para el futuro, también lo es para el presente, ya que la ciencia actual sufre una crisis de confianza o ha entrado, como dice Nora Bateson, en una etapa de post-confianza, en parte porque entró en una etapa de post-verdad. Por ello, los productos científicos están en duda y muchos estudios aparecen estar perforados con agujeros de desconfianza y se encuentran con pruebas contrarias (Bateson N., 2017).

1 https://medium.com/matter/it-s-not-climate-change-it-s-everything-change-8fd9aa671804

Sin embargo, tener otra metodología no sirve cuando falta una visión y objetivo a alcanzar, que correspondan con la herramienta. Las herramientas representan el "cómo", y eso debe ser complementado con un "porqué" y el "a donde ir": ¿Qué vamos a hacer? ¿Por qué la necesitamos? La respuesta de estas interrogantes nos permitirá encontrar una narrativa científica que dé dirección a la humanidad en su total. En este momento, este tipo de narrativa existe, es la modernidad-, pero ésta está obsoleta ya que hemos entrado en un periodo posmoderno desde hace varias décadas.

PRIMER PASO: REESCRIBIR LA NARRATIVA DE LA HUMANIDAD

La mayoría de nosotros vivimos la narrativa de la modernidad, una narrativa desarrollada en Europa entre el siglo XVI y el siglo XVIII. Es un discurso poderoso que nos da una trama muy prometedora –progreso, equidad, democracia, prosperidad- con varias historias o líneas argumentales muy atractivas:

> La primera, es la Ilustración que promete la emancipación de la naturaleza y así mejorar las condiciones de vida para todos: eliminar enfermedades, reducir cultivos fallidos, etc.
>
> La segunda, es el capitalismo, el cual dice que somos capaces, como individuos y como sociedades, de adquirir riqueza en cantidades ilimitadas, y de esta manera realizar un proceso de desarrollo basado en el crecimiento material, hacia cada vez más progreso.
>
> La tercera, es la de la ciencia que nos prometió conocimiento verdadero, válido y universalmente aplicable, dándonos la capacidad de superar la ignorancia y la superstición.

La narrativa de la modernidad era atractiva, pero ha demostrado ser falsa. La trama prometedora esencialmente nos dice que "podemos tener nuestro pastel y comerlo al mismo momento". A manera de ejemplo, tras varias décadas de políticas públicas ambientales en muchos países y en empresas de casi todo el mundo, y, sin embargo, sus resultados muestran poca mejora y, más que nada, confirman que no podemos tener nuestro pastel y comerlo simultáneamente.

Se necesita una nueva narrativa con una trama prometedora, que tenga historias, argumentos o líneas argumentales prometedoras. La narrativa que se propone aquí tiene como trama principal la conectividad, la interrelación y la interdependencia de todo y todos en el universo. Se basa en el pensamiento sistémico, específicamente el pensamiento complejo no-lineal. Igual que el discurso de la modernidad, tiene tres líneas argumentales principales que servirán para reemplazar las narrativas previas.

En lugar de la emancipación de la naturaleza (la Ilustración) por medio de dominarla, la narrativa promete la emancipación de todos nosotros dentro de la naturaleza y, específicamente gracias a los fuertes y esenciales vínculos que tenemos con la naturaleza. Es un cambio de paradigma por completo. El planeta no es un conjunto de recursos naturales para ser explotado, es un organismo vivo, un Gaia,

Madre Tierra o Pachamama, milagrosamente entretejido y funcionando de manera asombrosa. Es hermoso, y nosotros formamos parte integral de este plantea. Por ello, como dicen Edgar Morin y Anne Brigitte Kern (1999), todos compartimos un destino terrenal común. Debemos tomar conciencia de que todos somos habitantes de un planeta que es, relativamente hablando, muy pequeño, vulnerable y susceptible a cambios radicales, como el cambio climático, la deforestación masiva o la modificación genética. Como observó Ervin Laszlo[2], las sociedades actuales son diferentes de las anteriores, ya que nuestros sistemas económicos, sociales y culturales se han vuelto globalmente conectados y con impactos que abarcan todo el planeta. Para crecer y emancipar, tenemos que actuar bajo esta conciencia planetaria de que todos somos y estamos interconectados e interdependientes.

En lugar de pensar en el crecimiento material afuera de nosotros (el capitalismo), es mejor pensar en el crecimiento de nosotros mismos. En este contexto es importante darnos cuenta de que somos esencialmente encorporeizados, en el sentido de que nuestra mente, los procesos corporales y el ambiente en el cual actuamos son estrechamente relacionados e interdependientes. No somos porque pensamos, pero somos porque respiramos, comimos, dormimos, hacemos, actuamos, sentimos y, por supuesto, también porque pensamos. Todo en conjunto, interconectado e interdependiente. La neurociencia nos muestra claramente cómo nuestra mente, cuerpo, emociones e intelecto están principalmente enredados e interconectados, con consecuencias fundamentales para entender cómo pensamos, actuamos y al final de cuenta: somos (Varela, Thompson y Rosch, 1991). El lema de René Descartes "pienso luego existo" debe ser reescrito en **respiro/como/duermo/siento/pienso/hago luego existo**. El crecimiento personal, implica reconocer las relaciones y conexiones que existen entre nuestras formas de mover el cuerpo, formas de desempeñar ciertas actividades y formas de pensar (Berman et al, 2008). Tocar música, por ejemplo, provoca procesos mentales diferentes a los que se generan al realizar otro tipo de actividades. (Trimble y Hesdorffer, 2017). Hace muy poco tiempo, varios neurocientíficos comprobaron lo que pensadores como Platón, Nietzsche y otros sabían intuitivamente, que la actividad de caminar dentro de un cierto ambiente estimula ciertos procesos neuronales que fomentan la creatividad (Gros, 2015). Por ello, nuestro crecimiento personal, justamente, depende de encontrar y experimentar con todas estas conexiones y relaciones que tenemos, y son hasta ahora a menudo reconocidos.

En lugar de enfatizar la importancia del conocimiento científicamente comprobado y universalmente aplicable, sería mejor invertir en un tipo de conocimiento que sea el resultado de vincular la inteligencia meramente cognitiva con la inteligencia emocional, somática y experiencial. Implica contextualizar el conocimiento científico dentro de varios contextos, como son el corporal, social, ambiental, económico, cultural y más. Esto mismo también puede denominársele como "hermenéutica transdisciplinaria", es una forma de interpretar el mundo basándose no únicamente en las disciplinas científicas, sino que lo que se pretende es vincular este conocimiento con todo el conocimiento que existe entre, a través y más allá, de las disciplinas científicas, como nuestras experiencias profesionales y personales, actividades, sentimientos, emociones, intuición y revelaciones. Combinando el pensamiento

2 http://www.clubofbudapest.org/clubofbudapest/index.php/en/about-us/the-manifesto-on-planetary-consciousness

lógico con el pensamiento asociativo, la reflexión, el sentir y el intuir (Nicolescu2010; Dieleman, 2015).

La interdependencia compleja reemplazaría la narrativa de la modernidad e iría más allá del discurso de la posmodernidad. El posmodernismo habla de las pequeñas historias en lugar de la gran narrativa de la modernidad (Friis, 2013). Por ello, es importante reconocer la importancia de la diversidad y la unicidad de todos -con sus particularidades y pequeñas historias- ubicándose dentro de un contexto planetario de conexión e interdependencia mutua. El conjunto de las herramientas de esta narrativa de la interdependencia mutua, deben reflejar su esencia y trama principal, y al mismo tiempo respetar y fortalecer la interrelación e interdependencia.

SEGUNDO PASO: CREAR UNA NUEVA METODOLÓGICA DE LA GENERACIÓN DE DATOS CALIENTES

La herramienta que se propone es la del conocimiento cálido que también puede denominarse como datos calientes. Este concepto fue introducido en el año 2012 por la cineasta, autora, educadora y miembro del Club de Roma, Nora Bateson. Ella es la hija menor del biólogo, antropólogo y cofundador de la cibernética Gregory Bateson (Bateson, 1972, 1984). Es importante señalar, que un tema central en el trabajo, tanto Gregory como de su hija, es justamente el concepto de la conexión y de la interdependencia[3].

Los datos calientes muestran las conexiones e interdependencias entre varias partes de la realidad. En primera instancia, crean una contextualización porque generan un mosaico de varios contextos y perspectivas. Esta contextualización es la que falta ahora con muchos datos creados por la ciencia tradicional. Nora Bateson señala que estudiar algo a través del método científico implica sacar el objeto de estudio de su contexto (con todo sus vínculos, interdependencias y complejidad) para estudiarlo de una forma, más o menos, aislada.

Además, muchas veces el objeto es estudiado desde una sola perspectiva teórica. Al final de la investigación, en la mayoría de los casos, los datos generados no son recontextualizados, porque normalmente no se vuelven a ver los datos dentro de la complejidad de la realidad donde han sido sacamos en la primera estancia. Por ejemplo, se sabe que no podemos ver a la economía sin tomar en cuenta la cultura, el medio ambiente o las políticas, ya que todos están estrechamente vinculados. Sin embargo, la gran parte de los economistas hacen estudios meramente económicos, y terminan con varias recomendaciones para el sector político, sin volver a ver los datos generados dentro del contexto de otros subsistemas. Lo mismo es la verdad para los científicos de la atmosfera, de las políticas públicas, la química, etc. La investigación que no toma en cuenta la complejidad y la interdependencia por ello, fácilmente, genera recomendaciones políticas inadecuadas o equivocadas.

La contextualización se realiza, en primera instancia, a través de la generación de un mosaico de diferentes contextos del problema a estudiar: micro, macro, diferentes

3 https://norabateson.wordpress.com/

disciplinas, actores, intereses, etc. El objetivo no es crear un conjunto de partes que conectan lógicamente y en forma ordenada, sino al contrario, de lo que se trata es, crear un mosaico complejo, multi-interpretable y posiblemente torcido. La importancia de este mosaico es refleje lo más posible de la realidad, sin exprimirla dentro de un marco o modelo teórico.

Por ejemplo, sabemos que el consumo de carne, o más bien las actividades del sector de la ganadería atrás del consumo cárnico, contribuyen considerablemente al cambio climático. Porque en general, lo que comemos impacta al medio ambiente y, en este caso, tiene una relación con la emisión de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, sensibilizamos a la población para que modifique su dieta y consuma menos carne (entre otros productos), pero ¿realmente qué significa eso? en ¿qué realidad, en qué conjunto de variables, fuerzas, poderes, contextos y perspectivas entramos, cuando pretendemos cambiar este consumo? ¿Cuáles son las relaciones, vínculos e interdependencias en esta realidad?

El "sistema comida" es un sistema con sus subsistemas de producción, promoción, distribución y consumo, y cambiar algo en este sistema afecta a cada subsistema, y a las interdependencias entre los subsistemas. Más allá de la identificación de algunos subsistemas, el "sistema comida" también cuenta con varias perspectivas, o contextos, de la economía, agricultura, infraestructura, cultura, ecología y más. Otra pregunta es ¿cuál perspectiva va a tomar el investigador, una perspectiva de lo macro hasta lo micro, o posiblemente al revés? ¿Nos acercamos desde la perspectiva macro de cambio climático y la necesidad de comer menos carne, o nos acercamos al problema desde la perspectiva del consumidor, quien gusta su bistec y no quiere perderlo? Desde la perspectiva de datos calientes, la respuesta obvia es que tenemos que incluir ambas perspectivas con sus contextos, y crear un puente entre ambas (y otras). Por tanto, la creación de un de mosaico de diferentes contextos es el primer paso.

El segundo paso, es la generación de una plataforma transcontextual de vínculos, relaciones y conexiones que existen entre, a través y más allá de las partes y contextos identificados. Este tipo de plataforma, nos da información acerca de las interdependencias entre múltiples contextos y perspectivas que se interconectan. Este paso incluye las relaciones lógicas que podemos encontrar en la realidad de manera inductiva o deductiva, pero va más allá de estas relaciones lógicas.

Es necesario precisar que las ideas de Norma Bateson han sido inspirados por la famosa pregunta que formuló su Gregory Bateson, en su libro "Mente e Natura" (Bateson, 1984): "¿Qué pauta conecta el cangrejo a la langosta, la orquídea a la prímula y todo ello a mí? Con esta pregunta Bateson expresó que la vida, la evolución y el mundo, no están hechos únicamente de relaciones lógicas -del tipo deductivo o inductivo-, sino existen, en muchas instancias, relaciones metafóricas, asociativas, alegóricas o narrativas, que deben entenderse como relaciones abductivas.

En ese sentido, debemos recordar que la ciencia moderna se basa en una epistemología que nos dice que tenemos que desentrañar la realidad, tal cual está, afuera de nosotros, se trata de una forma de descubrir relaciones lógicas. Bateson señala, en sentido contrario, que nosotros imponemos a estas relaciones lógicas sobre la realidad -creamos estas relaciones-, y podemos igualmente pensar en otro tipo de

relaciones, como las relaciones narrativas, metafóricas o asociativas. Según él, estas relaciones explican muchas veces más acerca de cómo funciona el mundo físico y biológico -en especial la evolución- que las relaciones meramente lógicas. La evolución y el comportamiento de sistemas complejos es muchas veces más comprensible desde las relaciones abdicativas, narrativas, asociativas o metafóricas, que desde las relaciones lógicas. En el mundo social, estas relaciones también son muy frecuentes (Panico y Dieleman, 2014).

Pensando en el ejemplo de la carne y la persona que no quiere abandonar su bistec, esta presenta un tipo de relación abductiva o narrativa que es fácil de imaginar, y tiene un poder explicativo considerable. El bistec es mucho más que un trozo de carne. Representa un estilo de vida y, más allá, una tradición que está en peligro. Es la tradición occidental del hombre blanco, dueño del planeta y jefe de su familia, superior a las mujeres, y superior a los que tienen otro color de piel y otra cultura, que él normalmente llama "subdesarrollada". Es el hombre blanco, que ahora es el hombre blanco enojado, que vota para Donald Trump en los Estados Unidos, o por uno de los varios partidos de extrema-derecha en Europa. Está en contra de la inmigración, en contra de la globalización, y en contra del cambio climático, hasta el punto de negar su existencia. Donald Trump es un maestro en sentir estas relaciones narrativas y las uso para su elección. Él sirve hamburguesas a sus visitantes en la Casa Blanca y se expresa sin parar como gran consumidor de carne, específicamente de hamburguesas. Así crea un vínculo con su electorado, un vínculo narrativo y emocional. Como vemos, el sencillo bistec representa un montón de diferentes contextos, perspectivas, poderes, hasta ideologías.

Los contextos culturales, personales, ambientales y políticos están claramente presentes y conectados en la narrativa del bistec, así como la pauta que conecta: el miedo de un nuevo mundo con otra configuración de poderes. Es importante identificar este transcontexto y reconocer que una estrategia racional para fomentar la reducción del consumo de carne, usando argumentos relacionados con el cambio climático, no van a funcionar en este transcontexto. Identificar y reconocer las transcontextualizadas abre la posibilidad de crear otro tipo de campaña para estimular la disminución del consumo de carne.

Bateson vio muchos procesos evolutivos en sistemas complejos como procesos de aprendizaje. Señaló que muchos de estos procesos se basan en información previamente adquirida y, en muchas instancias, están arraigados hasta el nivel de la subconsciencia. Luego, observó, que seleccionamos información que tiene sentido en el marco de lo que sabemos, o hacemos, habitualmente o subconscientemente. Detectar estas relaciones, de lo consciente y subconsciente, implica trabajar tanto con lo visible como con lo invisible, y requiere el uso de la hermenéutica como método principal. La hermenéutica nació dentro de los estudios de la literatura y era, en primera instancia, un forma de interpretar un texto, combinando lo que está escrito y lo que está entre las líneas, lo no escrito. Entender un texto requiere trabajar con ambos, por medio de una interpretación que combina los dos, es entre los dos o es "trans". Para generar datos provenientes del mundo social, económico o ambiental, la hermenéutica es igualmente relevante, y puede combinar contextos personales y también inconscientes con contextos políticos, económicos, organizacionales y más.

Haremos un ejemplo muy personal: en el doctorado analicé 10 empresas y su toma de decisiones para llegar a una producción más limpia. Es relevante mencionar que algunos años antes del doctorado, colaboré con estas mismas empresas analizando las posibilidades de modificar sus formas de producir para llegar a realizar una producción más limpia. Después de dicho análisis, realizado multidisciplinariamente -biólogos, economistas, ingenieros y sociólogos-, se les dejo a cada una de las empresas una lista de opciones que eran económicamente, ambientalmente y técnicamente factibles. Después de 5 años regresamos para ver lo que realizaron. Las empresas implementaron muy pocas opciones de la lista, y siempre justificaron sus decisiones haciendo referencia a la racionalidad económica o técnica: no era posible tecnológicamente o no generó beneficios económicos. Sin embargo, conocí bien a las empresas y sabía que no era así. Los representantes de las empresas usaron un discurso proveniente de los contextos económicos, tecnológicos y científicos, pero en realidad basaron sus decisiones usando argumentos provenientes de los contextos y perspectivas de consultores, gobiernos y la participación en redes profesionales. Sus decisiones no fueron "racionales" -en el sentido de la racionalidad económica o tecnológica-, eran narrativas basadas en una racionalidad institucional o acotada (Simon, 1982). a pesar de las grandes diferencias entre las empresas, el tipo de racionalidad utilizada fue lo único que tuvieron en común, fue la pauta que las conecta. Las políticas públicas, sin embargo, se fundaron en los argumentos económicos, tecnológicos y científicos y, por lo tanto, no eran las más adecuadas (Dieleman, 2007).

TERCER PASO: GENERAR DATOS CALIENTES TIPO PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)

¿Es posible convertir los datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en datos calientes? Creemos que sí, porque el cambio climático es una pauta que conecta varios fenómenos aparentemente aislados, como la sequía en algunas partes del mundo, con la abundancia de lluvia en otras partes, con el aumento de la ocurrencia de huracanes, con el derretimiento de hielo en los polos y con el aumento del nivel medio del mar. Todas esas interconexiones son correctas, sin embargo solo consideran el contexto ambiental. La narrativa aceptada, o normativa, es que el cambio climático es provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero en gran escala, con todos sus efectos sistémicos a escala planetaria.

Los datos calientes incluyen los contextos económico, cultural, político, filosófico y más, para describir el problema. En consecuencia veremos al cambio climático como algo provocado por la globalización de la economía y sus interdependencias a escala mundial. Por lo tanto, combatir el cambio climático implica también problematizar la globalización de las relaciones económicas, y posiblemente cómo combatir la economía globalizada. La consecuencia es que, veremos al cambio climático también como un problema económico y no sólo como un problema ambiental. Éste también es un problema cultural. Ahora tenemos una cultura global, basada en la narrativa de la modernidad, por tanto es una cultura materialista de consumo y el cambio climático ha sido provocado y seguirá siendo provocado por esta cultura. En otras palabras, el cambio climático también es un problema cultural -o filosófico- igual que un problema económico o ambiental. Por ello, la primera etapa consiste en crear este

mosaico de contextos del cambio climático. Obviamente existen mucho más contextos y perspectivas que explican el cambio climático.

La segunda etapa es crear la plataforma transcontextual, buscando las interdependencias lógicas, asociativas, subconscientes o narrativas. En esta perspectiva, podemos encontrar la plataforma transcontextual en la narrativa de la modernidad. No existe una lógica entre las líneas argumentales de esta narrativa, pero existen varias relaciones y en cierto modo un grado de interdependencia entre ellas. La emancipación del ser humano esta conceptualizada en la forma de desconectar de la naturaleza, y dominarla. Este es un factor importante en todos los problemas ambientales que tenemos, incluso en el caso del cambio climático. No podemos "emanciparnos" de la naturaleza ya que somos naturaleza. El crecimiento esta conceptualizado como un crecimiento material, afuera de nosotros mismos, por medio de explotar la naturaleza, y es el origen de muchos de los problemas que tenemos: ambientales, sociales, culturales, psicológicos y más. Finalmente, la ciencia actual está muy limitada para observar, conceptualizar y estudiar las interrelaciones y conexiones. Aunque se reconoce la importancia de la ciencia, también es necesario decir que en las prácticas académicas aún se aplica este pensamiento sistémico/complejo en formas muy limitadas e inadecuadas.

Alguien puede argumentar que, hasta este momento, en este capítulo, no se ha dicho algo nuevo. Sin embargo, pregunto: ¿si lo sabemos, por qué no aplicamos lo conocido? Seguiremos haciendo proyectos de investigación, aislando nuestro objeto de investigación de las múltiples relaciones y contextos que tiene con la realidad donde está ubicado; y, aislándonos nosotros mismos, -como investigadores-, de nuestros objetos de estudio, ya que sabemos que nuestra práctica genera resultados descontextualizados y por lo tanto inadecuados. Tenemos que reconocer que nuestras instituciones de investigación y tradiciones académicas son parte de la problemática. En este sentido, el cambio climático también es un problema epistemológico, a pesar de los grandes esfuerzos sistémicos realizados por parte de los investigadores unidos al IPCC, por ello, es necesario revisar críticamente nuestras prácticas e instituciones académicas.

Es importante mencionar que la inter- o transdisciplinariedad no es suficiente, y que la propuesta de generar datos calientes va más allá de ambas[4]. La interdisciplinariedad busca vincular e integrar varias disciplinas alrededor de un objeto de estudio. Es un paso hacia adelante en comparación con la investigación mono-disciplinaria. Sin embargo, es mucho más reducida que la propuesta presentada en este capítulo, de vincular no únicamente disciplinas académicas alrededor de un objeto de estudio, sino de contextualizar el objeto de estudios en muchos tipos de contextos, hasta finalmente la creación de un transcontexto. Visto en la narrativa de la inter- y transdisciplinariedad, la propuesta de generar datos calientes incluye a las dos e incluso va algunos pasos más adelante en su búsqueda de hacer investigación basada en el pensamiento sistémico y complejo no lineal (Dieleman et al., 2017).

4 Específicamente la escuela Suiza de la transdisciplinariedad Dieleman, 2015)

CONCLUSIÓN: HACIA UN LABORATORIO DE DATOS CALIENTES

Investigar un problema (sobre todo un problema perverso) explícitamente desde muchos contextos, incluso un transcontexto, va más allá de la inter- y transdisciplinariedad. Sin embargo, las incluye. Trabajar en proyectos inter- y transdisciplinarios, muchas veces genera dudas e incertidumbre en muchos investigadores. Trabajar en transcontextos probablemente generará más dudas, el reto debe ser tomado en cuenta.

La sustentabilidad es un concepto sistémico compuesto por tres partes o pilares: lo ambiental, lo económico y lo social. Hemos visto que el estudio de la sustentabilidad, se divide el trabajo de acuerdo a estos tres pilares: los de las ciencias sociales estudian el pilar social, los economistas el económico y los de las ciencias ambientales el pilar ambiental. Lo esencial sin embargo es la interdependencia: las relaciones entre, a través y más allá de los pilares, lo ideal sería encontrar los procesos de retroalimentación y los puntos de apalancamiento que existen en el sistema visto como un conjunto.

El problema para muchos académicos es que un trabajo transcontextual supera lo disciplinario, y ellos no tienen los métodos o procedimientos académicamente avalados para actuar en estos transcontextos. Esto es verdadero y legítimo y por eso, es necesario revisar la ciencia y ampliarla. Eso implica sobre todo el trabajo de desarrollar, avalar y enseñar procedimientos que combinen el trabajo cuantitativo, metodológicamente muy bien definido y estrictamente delimitado, con trabajos cualitativos, asociativos, imaginativos, y, hasta sensibles.

Es obvio que la generación de un mosaico contextual es un trabajo básicamente cualitativo. Depende de la aplicación de la lógica-conceptual, pero va más allá porque también es un trabajo asociativo e imaginativo basado en la identificación de las similitudes, en algunas características, que conectan dos o más fenómenos, en formas no-lógicas. Aquí entramos en las humanidades, usando imaginación, intuición y más.

Finalmente, es un trabajo sensible, que va más allá de las ciencias duras, sociales y las humanidades, ya que se basa en la capacidad de conectarse emocionalmente con su entorno. Como analizó Sacha Kagan, ver pautas que conectan depende de una cierta sensibilidad para verlas, comparable con la sensibilidad de ver ciertas características en otras personas, como estrés, preocupación o alegría, o una cierta energía entre varias personas. Por ello, no podemos detectar estas cualidades desde nuestras capacidades lógicas, imaginativas o asociativas, sino desde nuestra sensibilidad. Al igual, detectar interdependencias y pautas que conectan requiere una cierta sensibilidad (Kagan, 2011).

El modelo de Bateson se basa en una dinámica grupal creada para, consciente y sistémicamente, ver a una problemática desde varios contextos. Es un ejercicio intelectual que puede ayudar a generar la contextualización de la investigación disciplinaria en un transcontexto más amplio. Consiste de los siguientes pasos:

1. Un problema complejo previamente elegido es proporcionado a los participantes de una sesión en el laboratorio,
2. El laboratorio tiene diferentes mesas, correspondiendo con diferentes contextos

(al menos 6 contextos),

3. Los participantes se dividen entre las diferentes mesas, en preferencia con 3 hasta 6 personas por mesa (dependiendo del tamaño del grupo),
4. Cada mesa dialoga acerca del problema desde el contexto que corresponde con la mesa,
5. Cada participante se une a una mesa durante el tiempo que desee y es libre de cambiar de mesa cuando quiere estar en otro contexto/mesa,
6. No hay límites de tiempo, ni más instrucciones aparte de éstas reglas de base.
7. El proceso generalmente toma por lo menos una hora e incluso puede tomar más tiempo.
8. Cuando se concluyen las mesas, se abre un dialogo plenario entre todos los participantes. Este diálogo tiene el propósito de desarrollar el transcontexto, usando las capacidades de razonamiento lógico, pensamiento asociativo, imaginación y sentir.

Como puede verse, se trata de una dinámica sencilla, y en el fondo no es más que un esqueleto para organizar los trabajos previamente mencionados; al mismo tiempo abre varios espacios intelectuales para combinar el trabajo cuantitativo, metodológicamente bien definido y estrictamente delimitado, con trabajos cualitativos, asociativos, imaginativos, hasta sensibles.

Es un principio de algo que requiere mucho más estudio y desarrollo, pero es algo necesario para que la ciencia adopte nuevas formas para generar datos bien contextualizados e interrelacionados.

El espíritu de esta propuesta (la idea de los datos calientes como nueva herramienta para un clima caliente) tiene de fondo la lectura de *"This Changes Everything"* en dicho libro se sugiere que no veamos a las adaptaciones inevitables como un ejercicio sombrío, por el contrario, deben visualizarse como como un catalizador para comprometernos en una transformación fundamental de las sociedades contemporáneas, y, también, como un proceso de curación de heridas históricas que se han prolongado durante mucho tiempo (Klein, 2014).

FUENTES DE CONSULTA

Bateson Gregory (1972) Pasos hacia una ecología de la mente, Editorial LOHLÉ-LUMEN Buenos Aires, edición 1985

Bateson Gregory (1984) Mente e natura. Milán, Adelphi

Bateson Nora (2017) Warm Data, Contextual Research and New forms of Information. Hackernoon Editos

Berman Marc G., John Jonides, Stephen Kaplan (2008) The Cognitive Benefits of Interacting With Nature Psychological Science,

Dieleman Hans, Basarab Nicolescu and Atila Ertas (Ed.) (2017) Transdisciplinary and Interdisciplinary Education and Research, ISBN: 978-0-9998733-0-4, The Atlas 2017.

Dieleman Hans (2015) Prólogo, la relevancia de la transdisciplinariedad para la producción de conocimiento contemporánea, en: Susan Street, Coordinadora, Trayectos y vínculos de la Investigación, dialógica y transdisciplinaria; narrativas de la experiencia, CRIM-UNAM, CIESAS

Dieleman Hans (2007) Cleaner production and innovation theory. Social experiments as a new model to engage in cleaner production. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 23(2)

Dieleman Hans (2017) Transdisciplinary Hermeneutics: a symbiosis of Science, Arts, Philosophy, Reflective Practice, and Subjective Experience, Issues in Interdisciplinary Studies, an annual Publication of the Association of Interdisciplinary Studies, Number 35/2017, ISSN 1081-4760

Friis Emil Ejner (2013) Postmodernism, Globalization and the Metanarratives of Global- World Transnational and Big-History An enquiry into how the metanarratives of contemporary historiography indicate a shift of paradigm beyond postmodernism. Lund University, Institute of History.

Gros Frederic (2015) A Philosophy of Walking. Verso Books

Kagan, Sacha (2011) Art and Sustainability - Connecting Patterns for a Culture of Complexity, Transcript Verlag, Bielefeld

Klein Naomi (2014) This changes everything: capitalism vs. the climate. Penguin Random House Company, Alfred A. Knopf Canada

Morin Edgar y Anne Brigitte Kern (1999) Homeland Earth; A New Manifesto For The New Millennium. New Jersey: Hampton Press, Inc.

Nicolescu Basarab (2010). Methodology of Transdisciplinarity – Levels of reality, Logic of the Included Middle and Complexity. In: Transdisciplinary Journal of Engineering & Science Vol: 1, No:1, (December, 2010), pp.19-38

Panico Francesco y Hans Dieleman (2014) The narrative as a way to construct transdisciplinary knowledge: building upon experience in a polyphonic way, Journal of Engineering & Science, Vol 5, 2014

Simon Herbert (1982) Models of Bounded Rationality, Vols. 1 and 2. MIT Press

Trimble Michael and Dale Hesdorffer (2017) Music and the brain: the neuroscience of music and musical appreciation BJPsych Int. 2017 May; 14 (2): 28–31.

Varela Francisco J., Evan Thompson and Eleanor Rosch (1991) The Embodied Mind, Cognitive Science and Human Experience, M.I.T. Press

Sobre los Autores

Emma Rosa Alonzo Marrufo.

Antropóloga Social y Coordinador Operativo de la Red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste de México (RICCSM) desde el CINVESTAV-Unidad Mérida. Es directora de Yaax Beh AC, organización en la que ha desarrollado numerosos proyectos de desarrollo comunitario sustentable en zonas costeras y áreas naturales protegidas. Ha colaborado en el desarrollo del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (BID-INECC); en el Diagnóstico y Plan Rector de la Pesca y Acuacultura Sustentable del estado de Yucatán (FAO-SEDER) y otros programas dirigidos a establecer medidas de mitigación y adaptación al cambio climático y sus riesgos. Actualmente participa como Coordinador Operativo por el Cinvestav en el proyecto: "Implementación de redes de observaciones oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del golfo de México" (SENER-CONACyT) y desarrollado por el Consorcio de Investigación del Golfo de México.

Marisol Anglés Hernández

Doctora en Derecho Ambiental por la Facultad de Derecho de la Universidad de Alicante, *sobresaliente cum laude* por unanimidad. Licenciada en Derecho por la Facultad de Derecho de la UNAM. Investigadora Titular A, por oposición, Tiempo Completo, en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Catedrática de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Derecho de la UNAM. Autora de publicaciones sobre tópicos en materia jurídico-ambiental, energía, cambio climático y gestión integral de riesgos. Ponente en Seminarios de carácter nacional e internacional. Miembro de las líneas de investigación institucional sobre Energía; Derechos, conflictos socioambientales y política. Forma parte del Grupo de Expertos por el Pacto Mundial por el Medio Ambiente.

Guadalupe Azuara García

Es licenciada en Diseño Urbano Ambiental y maestra en Economía por la Universidad Autónoma de Puebla; realizó sus estudios de doctorado en la Universidad de Córdoba España en el programa internacional de Ingeniería Agraria, alimentaria, forestal y de desarrollo rural sostenible, obteniendo Mención Cum Laude en su titulación. Actualmente realiza una estancia posdoctoral (beca PRODEP) en el Cuerpo Académico 321 (De investigación en biodiversidad, alimentación y cambio climático) en el ICUAP-BUAP.

Cuenta con experiencia en la administración pública estatal pues durante el período de 2001 a 2004 se desempeñó como analista en la Dirección de desarrollo urbano

(SEDURBECOP) y como analista del Comité de Planeación del Estado de Puebla en la Secretaría de Finanzas de la entidad. Además, ha desarrollado actividades de consultoría en las áreas de planeación urbana, ordenamiento territorial y planeación sectorial para los tres niveles de gobierno.

Sus intereses investigativos se abocan la modelación territorial mediante la utilización de algoritmos evolutivos, dinámica de sistemas, autómatas celulares, regresiones multivariadas, entre otras técnicas, en las que incorpora criterios de sostenibilidad para la asignación de usos de suelo y estrategias de adaptación-mitigación ante escenarios de cambio climático a escala subregional. Actualmente es responsable del Laboratorio de geoprocesamiento de cambio climático y regiones bioculturales del DIBACC, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (C) y miembro de la Red de Patrimonio Biocultural de México. Nodo Puebla (Red Temática CONACYT)

Bernardo Bastien-Olvera

Estudió la Licenciatura en Ciencias de la Tierra en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cursó una maestría en cambio climática en University College London, actualmente es becario Fulbright-García Robles y estudia el doctorado en Geografía en la Universidad de California Davis. Ha realizado estancias académicas en la Universidad de California Berkeley, en la Escuela Politécnica de Montreal, en la Universidad de Oslo y en el Programa de Cambio Climático de la UNAM, donde profundizó en temas como algoritmos para estudio de la evapotranspiración en bosques, impacto climático y socioeconómico en el Ártico y modelos climáticos con lógica difusa. Es consultor en la asociación civil FORJA, Culturas en Movimiento A.C., donde coordina Planeteando, un proyecto de divulgación de cambio climático y ciencias de la Tierra.

María de las Nieves Carbonell León

Química, por UNAM, con especialidad en Gestión y Política Ambiental en el Instituto Nacional de Administración Pública; Jubilada de PEMEX con 31 años de experiencia en áreas de protección ambiental. El último encargo fue como Subgerente de Protección Ambiental y Ahorro de Energía en Pemex Gas y Petroquímica Básica. Consultora del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) para la actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero como parte Sexta Comunicación Nacional de Cambio Climático. Ha sido ponente y conferencista en distintos foros, nacionales e internacionales y autora de artículos sobre la materia en revistas arbitradas.

Hiram Carreño-Nájera

Es Licenciado en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es becario CONACYT-FUNED en la Maestría en Economía de la

Universidad de Sussex, Reino Unido. Realizó un intercambio académico en Sciences Po, París y ha colaborado como ayudante de investigación en la Universidad de Birmingham, Royal Holloway University of London y en el Programa Universitario de Estudios del Desarrollo (PUED) de la UNAM, donde participó en proyectos conjuntos con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y el Banco Mundial. Ha trabajado en el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), y en proyectos de consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Celeste Cedillo González

Es doctora en Ciencia Políticas y Sociales por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Tiene una maestría en Estudios Regionales sobre Desarrollo y Medio Ambiente por la Universidad Iberoamericana, con diplomas de posgrado y especialización en Manejo Ambiental por la Universidad de Berkeley California (EE. UU.) y en Economía Ambiental por la Universidad Politécnica de Madrid (España). Realizó estudios en la especialidad sobre Economía Ecológica y Ambiental por la Facultad de Economía de la UNAM. Ha desarrollado una carrera con responsabilidades progresivamente crecientes como funcionaria de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en colaboración directa con el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés), en el sector público y en organizaciones internacionales sin fines de lucro. Actualmente es profesora de tiempo completo e investigadora en el Departamento de Relaciones Internacionales y Ciencia Política de la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP).

Esmeralda Cervantes Rendón

Obtuvo su título de Química Industrial por la Universidad Autónoma de Baja California en el 2004 y la Maestría en Ingeniería Ambiental y Ecosistemas en el 2008 por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y su grado de Doctora en Investigación con Mención Honorifica en el 2015 por El Colegio de Chihuahua (El COLECH). Desde mayo del 2006 trabaja en el área de investigación del Observatorio Ambiental en El COLECH, a partir de enero de 2016 es Profesora Investigadora de Tiempo Completo en El COLECH y coordinadora del Centro Regional de Investigación y Desarrollo de Energías Alternativas (CRIDEA), de El Colegio de Chihuahua. Desde el 2007, es la coordinadora general de la Biblioteca Virtual Ambiental del Estado de Chihuahua. Dentro de sus publicaciones más recientes se abordan temas de cambio climático, agua, energías renovables y biblioteconomía. Actualmente es Líder del CA 01 COLCHI Ciencias de la Tierra y Sustentabilidad, Miembro del Consejo Técnico Académico de la Red Temática CONACYT de Sustentabilidad Energética, Medio Ambiente y Sociedad y cuenta con Perfil Deseable PRODEP

Sandro Cervantes Núñez

Cursó la Licenciatura en Biología (especialidad en Biología Molecular e Ingeniería Genética), como alumno del Programa de Alta Exigencia Académica (PAEA), en la F.E.S. Iztacala (UNAM), en 2000. Realizó sus estudios de Maestría en Ciencias Biológicas (especialidad en Ciencias Ambientales), bajo la asesoría del Dr. Omar Masera (Premio Nobel de la Paz 2007), participando en la conformación de un modelos numérico innovador en Latinoamérica, diseñado para evaluar escenarios de captura de carbono a nivel regional, en el IIES-Morelia (UNAM), en 2006. En su trayectoria y formación como científico multidisciplinario, es uno de los pocos especialistas mexicanos en incursionar en el joven campo de la Astrobiología y las Ciencias Planetarias, realizando investigación en un amplio rango de temas, aún complejos y poco considerados, pero importantes y necesarios, para México y el resto de Latinoamérica, tales como la Habitabilidad Planetaria, la Búsqueda Científica de Vida más allá de la Tierra, así como la Colonización y Terraformación (lunares y planetarias). Actualmente, está concluyendo sus estudios de doctorado, bajo la asesoría del Dr. Carlos Gay (Premio Nobel 2007), en el Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM), analizando los datos climáticos generados por el orbitador MGS de la NASA, y diseñando escenarios de calentamiento atmosférico sobre la atmósfera de Marte, buscando colaborar con las propuestas de modificación climático-planetarias (Terraformación), que se han propuesto a nivel mundial a lo largo de los últimos 50 años, para brindar opciones viables y accesibles, tanto para mitigar el Cambio Climático Antrópico Terrestre, como para establecer a mediano y largo plazo, bases coloniales de investigación o vivienda, fuera de la Tierra. Es autor, coautor y revisor, de capítulos del Tomo 2 y 3, del Reporte Mexicano de Cambio Climático.

Ana Bertha Cuevas Tello

Es profesora-investigadora en el Departamento de Estudios del Pacífico de la Universidad de Guadalajara. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SIN) nivel 1. Realiza investigación sobre las políticas medioambientales en las principales economías de la región de Asia Pacífico. Es autora de un libro, 30 capítulos de libros y 27 artículos en revistas de arbitraje internacional.

Johannes Pieter Chistiaan Dieleman

El Dr. Hans Dieleman es holandés. Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad 'Erasmus' de Rotterdam, Países Bajos, con un enfoque en Sociología de Conocimiento. Ha sido profesor-investigador en la Universidad 'Erasmus' de Rotterdam, profesor invitado en la Universidad 'Dauphine' en París, en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco y en la Universidad Veracruzana, Jalapa. Actualmente es profesor-investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México y profesor visitante en el centro de posgrado CIIEMAD del IPN. Es socio de la "*Academy of Transdisciplinary Learning and Advanced Studies* 'ATLAS'" en Texas, Estados Unidos, y editor asociado de la revista "*Transdisciplinary Journal*

of Science and Technology" (TJES). Es co-fundador de "Cultura 21", una ONG con capítulos en Alemania, Dinamarca, Francia y México, que se dedica a la promoción de culturas sustentables desde un perspectiva transdisciplinaria/artística, miembro de la Red Nacional Mexicana de Investigadores en los Estudios Socio-Culturales de las Emociones (RENISCE), miembro de SENSE, Escuela Holandesa para la Investigación Interuniversitaria en Ciencias Naturales y Socio-Económicas para el Medio-Ambiente, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

Jorge Alberto Escandón Calderón

Biólogo graduado por la UNAM, Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales por el Colegio de la Frontera Sur y Doctor en Ciencias Políticas y Sociales por la UNAM. Actualmente es coordinador ejecutivo de proyectos en el Programa de Investigación en Cambio Climático-UNAM. Imparte en la Facultad de Ciencias los Seminarios de Biología I y IV (Ecología Política; Cambio Climático, Ciudad y Adaptación).

Francisco Estrada Porrúa

Es Licenciado en Economía por la Universidad Iberoamericana, maestro en Administración de Riesgos por el Instituto Tecnológico Autónomo de México y doctor en Economía Ambiental por la Universidad Libre de Ámsterdam. Es Investigador Titular A en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México e investigador visitante en la Universidad Libre de Ámsterdam. Es jefe del Departamento de Ciencias Atmósféricas del CCA. Planteó e impulsó la formación del grupo *Clima y Sociedad*, del cual actualmente es responsable. La línea investigación del Dr. Estrada se centra en las causas y consecuencias económicas del cambio climático. En ella se combinan aspectos de ciencias de la atmósfera, economía y modelación estadística. El Dr. Estrada cuenta con diversas publicaciones en revistas internacionales incluyendo *Nature Geoscience*, *Nature Climate Change*, *American Economic Review* y *Journal of Time Series Analysis*. Fue autor colaborador y revisor experto del Cuarto y Quinto reportes de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y coordinador del capítulo sobre atribución en el Reporte Mexicano de Cambio Climático. Ha participado y dirigido diversos proyectos de investigación con financiamiento tanto nacional como internacional. Actualmente es Editor Adjunto de la revista *Atmósfera*, publicada por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Luis Fernández Carril

Es investigador de política climática internacional. Además, es profesor de cátedra de Filosofía en el Tecnológico de Monterrey y en la Universidad de las Américas Puebla, impartiendo las materias de Filosofía de la Ciencia y Ética. Obtuvo el título de doctorado en Filosofía de la Ciencia en mayo de 2014 por parte del Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México con mención honorífica de excelencia. Se desempeñó como

asesor y secretario técnico de la Comisión Especial de Cambio Climático del Senado de la República, LXIII Legislatura de 2015-2018. Recientemente fue designado como Autor líder para el 6to Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas 2018-2021. Ha publicado artículos e impartido conferencias a nivel nacional e internacional en lugares de gran renombre como la Universidad de Oxford, la UNESCO en París y en la Universidad de Yale. Sus principales líneas de investigación son: la Gobernanza ambiental internacional, las negociaciones climáticas internacionales, adaptación y resiliencia y ética del cambio climático.

Carlos Gay García

Es coordinador del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, Coordinador del Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México y Coordinador del Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM. Fue Presidente del Consejo Consultivo de Cambio Climático de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Gobierno Federal. En el año 2010 formó parte del Subcomité Académico de México COP16 que fungió como órgano asesor del gobierno mexicano en la realización de la Conferencia de la Partes 16 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Es Doctor en Astrogeofísica por la Universidad de Colorado en Boulder y también es investigador en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, del cual fue director en el periodo 2001-2009. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II

Lilia Gama Campillo

Bióloga de la UNAM, con Doctorado en la Universidad de California (Riverside). Profesor/Investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Líneas de Investigación: Ecología del Paisaje, la Biología de la Conservación, Vulnerabilidad al Cambio Climático, Dinámica costera e Impacto de las Carreteras en la Biodiversidad. Ha dirigido y participado en proyectos de investigación financiados por: CONACYT, Consejo Británico, Fundación MacArthur, SEDESOL, INAPESCA, CONABIO, Fondos Mixtos Tabasco y Yucatán, INECC, Banco Interamericano de Desarrollo entre otros. Fue responsable de la elaboración del Ordenamiento Ecológico Territorial instrumentado actualmente en Tabasco y participo en la elaboración del Plan Acción Climática del Estado de Tabasco. Es editor responsable de la revista de divulgación Kuxulkab´ de la División Académica de Ciencias Biológicas.

Jesús David Gómez Díaz

Ingeniero agrónomo especialista en suelos, master in soil science y doctor en ciencias en edafología. Profesor de nivel licenciatura y postgrado relacionados con

climatología, edafología, y génesis de suelos. Coautor de dos libros y autor principal en México y extranjero. Director del Departamento de Suelos de la UACH (1998-2001). Responsable de proyectos de investigación. Ha dirigido más de 40 tesis de licenciatura y postrado. Es Profesor Investigador de tiempo completo del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo desde 1989. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

Ana María Gómez Solares

Ingeniera Química, Maestra en Ingeniería Ambiental y Candidata al grado de Doctor en Ingeniería en Energía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene 28 años de experiencia en temas de medio ambiente y energía, especialmente en Cambio Climático, tecnologías limpias, energías renovables, captura y almacenamiento de carbono, así como en el sector hidrocarburos. Ha trabajado en PEMEX y CFE, así como en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Secretaría de Energía. Asimismo, laboró en el Centro Mario Molina, coordinando estudios relacionados a la mitigación del Cambio Climático. Colaboró en la elaboración de la Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC en la determinación de las externalidades asociadas a proyectos hidroeléctricos y los impactos ambientales asociados a las actividades petroleras en los estados de Campeche y Oaxaca.

Alfredo Granados-Olivas

Graduado de la Escuela Superior de Agricultura “Hermanos Escobar” en 1984 como Ingeniero Agrónomo con la especialidad en Economía Agrícola y Desarrollo Rural, posteriormente en 1987 obtiene su maestría en Hidrología Subterránea por parte de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Recibe el grado de Doctor en Filosofía con área mayor en Agronomía, especializándose en Hidropedología (Relación Geomorfología-Suelo-Agua). Es miembro del Sistema Nacional de Investigación del CONACyT desde 2006 al presente (Nivel I). Recibió el reconocimiento al Mérito Académico por parte de la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería en 2016 por su excelente trayectoria academia y profesional en la formación de ingenieros y el impulso de la ingeniería en nuestro país.

Genice Kirat Grande Acosta

Es Licenciada en Informática por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. También es Maestra en Ingeniería de Sistemas con mención honorífica, y es Doctora en Ingeniería (en Energía) por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente es Académica en el Grupo de Planeación Energética del Instituto de Energías Renovables de la UNAM y miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el Nivel I. Sus temas de investigación son modelación de sistemas energéticos para la prospectiva energética, evaluación técnico económica de escenarios de mitigación de cambio climático y evaluación de proyectos energéticos. Ha participado en diversos

proyectos de investigación realizados para instituciones nacionales como la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Secretaría de Energía y CONACYT, así como de instituciones internacionales como el World Resources Institute, World Bank, Organización Latinoamericana de Energía y Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Ixchel Melissa Guzmán Gómez

Egresada de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM en la Licenciatura Administración Pública y Ciencia Política. Becaria del proyecto "La política nacional de cambio climático: retos institucionales para la gobernanza ambiental en México (ClimaMex)". Actualmente desarrolla su tesis en los temas de gobernanza climática y procesos de consulta comunitaria en México.

Jorge Marcial Islas Samperio

Obtuvo la Licenciatura en Física y la Maestría en Ingeniería Energética en la UNAM y el Doctorado en Economía Aplicada en la Universidad Pierre Mendès France en Francia. Actualmente es investigador Titular y Coordinador del Grupo de Planeación Energética en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM (IER UNAM). Es Consejero Social de la Coordinación de Evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático y miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de varias asociaciones académicas. Ha sido Jefe del Departamento de Sistemas Energéticos y Secretario Académico así como Coordinador de Posgrado de Ingeniería (en Energía) en el IER UNAM y Gestor Científico del Área de Energía del Programa Iberoamericano CYTED. Ha cultivado las líneas de investigación Prospectiva Energética y Tecnológica de las Energías Renovables y Energía y Mitigación del Cambio Climático en las cuales ha sido responsable académico de más de 30 proyectos de investigación y consultor de varias instituciones nacionales e internacionales. Cuenta con más de 80 artículos de investigación, 3 libros y 14 capítulos de libro.

Antonina Ivanova Boncheva

Es profesora-investigadora del Departamento de Economía y coordinadora del Centro de Estudios APEC, UABCS. Miembro del SNI, Nivel II y Miembro Regular de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC). Representó a México en el Buró del Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC como vice-presidenta del Grupo de Trabajo 3 "Mitigación" (2008-2016).

Doctora en Economía (UNAM, *cum laude*) con Posdoctorado en Estudios de La Paz (Universidad de Bradford, Inglaterra). Realiza investigación sobre acción climática y desarrollo sustentable. *Autora o editora de 24 libros y más de 200 artículos en revistas arbitradas. Autora-líder del Cuarto Informe Evaluativo del IPCC (Premio Nobel de La Paz 2007). En 2017 recibió el Premio de Ciencia y Tecnología de Baja California Sur.*

Joseph Francois Maxime Le Bail

Especialista en políticas públicas ambientales, energéticas y climáticas, se ha desempeñado tanto en la academia como en el Gobierno federal en México. Lideró diversas acciones de investigación y difusión de la ciencia en materia de cambio climático y de protección ambiental, dentro de las cuales destacan la co-coordinación del volumen II "Impactos, vulnerabilidad y adaptación" del Reporte Mexicano de Cambio Climático y la organización del Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático en el Instituto Politécnico Nacional. Desde 2016, labora en la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) donde participó, entre otros, en el desarrollo de la regulación para la prevención y el control integral de las emisiones de metano en el sector hidrocarburos.

Juan Antonio Le Clercq Ortega

Doctor en Ciencias Políticas y Sociales, Maestro en Ciencia Política y Licenciado en Ciencias Políticas y Administración Pública por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (UNAM). Tiene Especialidad en Política y Gestión Energética y Medioambiental, por la *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso).* Actualmente es Coordinador Académico del Departamento de Relaciones Internacionales y Ciencia Política (UDLAP), así como Coordinador del Centro de Estudios sobre Impunidad y Justicia (CESIJ) y Coordinador del Índice Global de Impunidad (IGI) y el Índice México de Impunidad (IGI-MEX). Desde 2017 es Nonresident Scholar en el Mexico Center del Baker Institute en la Universidad de Rice. Columnista semanal en el portal de noticias www.ejecentral.com.mx.

María de Lourdes Maldonado Méndez

Estudió Ingeniería Forestal en la Universidad Autónoma Chapingo y tiene una maestría en ciencias en Economía, desarrollo y cambio climático del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Realizó investigación sobre "*Severidad de los Incendios Forestales en una ANP de Chiapas*" y en "*Evaluación del impacto de proyectos de Investigación-Desarrollo- Innovación en Nicaragua*" con el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica (CIRAD). Ha laborado en instituciones públicas en conservación y manejo de recursos forestales, y como consultora en evaluación de estrategias de desarrollo rural con IICA y SAGARPA. Actualmente es estudiante del Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible en la Universidad Autónoma Chapingo desarrollando investigación en Vulnerabilidad del sector agrícola al cambio climático.

Vanessa Lisbeth Morán Villa

Licenciada en Biología y Maestra en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma Metropolitana. Actualmente se encuentra estudiando el Doctorado en

Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible en la Universidad Autónoma Chapingo. Coautora de 2 capítulos de libros y un artículo científico así como dirigido tesis de licenciatura. Ha participado en diversos proyectos de investigación financiados por CONACyT, SEMARNAT y UNESCO. Trabajó en SENASICA durante 6 años siendo relevante las actividades inherentes a la gestión y acceso de mercados para la exportación de productos vegetales. También se desempeñó durante 3 años y medio como supervisora evaluadora del programa de Agencias de Gestión de la Innovación (AGIs) implementado por la SAGARPA.

Ana Rosa Moreno Sánchez

Bióloga egresada de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Maestría en Ciencias en Ecología Humana de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Texas, EUA. Desarrollo profesional en salud ambiental en el sector oficial, sector académico y en organismos internacionales. Docente, asesora y conferencista nacional e internacional en salud ambiental, comunicación de riesgos, y en cambio climático y salud. Consultora de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en salud ambiental, cambio climático y comunicación de riesgos. Consultora del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en temas de cambio climático y salud. Consultora de comunicación de riesgos para PETROBRAS (Brasil), el Instituto Mexicano del Petróleo y otras instituciones. Autora de 72 publicaciones nacionales e internacionales en diversos temas de salud ambiental. Trabajó para la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) en temas de comunicación de riesgos y como gerente de proyectos en salud ambiental, patrocinados por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (EPA) y por la GTZ de Alemania. Coordinó el programa de salud ambiental en la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. Ha sido miembro del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas desde 1995, organización que compartió con el Sr. Al Gore el galardón de Premio Nobel de la Paz 2007, participando en el Segundo, Tercer, Cuarto y Quinto Informe de Evaluación. Es co-autora de diversos capítulos de los Informes de Perspectivas del Medio Ambiente Mundial del PNUMA, GEO-4 Global, GEO-4 América Latina y el Caribe, y del Reporte GEO-Salud; miembro del grupo de *Outreach* del GEO-4, co- autora del GEO-5 y del informe GEO-6, América Latina. Miembro de la Sociedad Mexicana de Salud Pública. Exsecretaria del Colegio de Biólogos. Miembro de *Who's Who* Internacional. Reconocida por la UNAM con el PRIDE nivel C. Actualmente es profesora de carrera del Depto. de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la UNAM.

Alejandro Ismael Monterroso Rivas

Profesor investigador del área de recursos naturales, del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Es responsable de cursos a nivel licenciatura y es profesor del núcleo básico de maestría y doctorado. Ha sido responsable de diversos proyectos de investigación. Ha

colaborado para las últimas Comunicaciones Nacionales de México ante la Convención. Es autor de diversos libros, coautor de capítulos de libros, diversas publicaciones en revistas científicas y memorias de eventos nacionales e internacionales. Es revisor técnico de revistas científicas, gobierno de los estados y el CONACYT.

Benjamín Ortiz Espejel.

Es ingeniero agrónomo por la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (UAMX). Realizó estudios de maestría en antropología social en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) y tiene el doctorado en Ecología por el Instituto de Ecología A.C. (INECOL). Es asociado del programa internacional *Leadership for Environment and Development* (LEAD) por El Colegio de México y la fundación Rockefeller por medio del cual realizó estancias de entrenamiento en Zimbawe, África y Costa Rica, C A. Desde 1982 realiza investigación sobre el conocimiento, percepción y apropiación de los ecosistemas por parte de grupos sociales en México. Es autor de más de 118 artículos y capítulos de libros científicos y autor y /o co-autor de 10 libros nacionales e internacionales sobre problemáticas de medio ambientales, educación superior, sustentabilidad, complejidad e interdisciplina. Es miembro fundador (2011) de la Red de Patrimonio Biocultural de CONACYT y del Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente Xabier Gorostiaga S.J., de la Universidad Iberoamericana Puebla (2014-2016). Entre sus trabajos recientes se puede mencionar la coordinación de libro: "*Reporte mexicano de cambio climático volumen vulnerabilidad, adaptación e impactos*" editado por la UNAM (2015) el trabajo como coautor con el Dr. Víctor Toledo del libro: "*México Regiones que caminan hacia la sustentabilidad*" editado por CONACYT (2014)

Teresa Parejo Navajas

Es profesora contratada doctora de la Universidad Carlos III de Madrid, Máster en Derecho de la Unión Europea y miembro del Instituto Pascual Madoz de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medioambiente de esa Universidad. Es *senior advisor* de la UN SDSN de Nueva York, para los objetivos de desarrollo sostenible, y miembro del *International Council of Environmental Law* (ICEL). Ha publicado dos libros, uno de ellos premiado en el año 2004, así como numerosos artículos de investigación sobre ordenación del territorio y medioambiente en prestigiosas revistas nacionales e internacionales. Ha sido *visiting scholar* en varias universidades europeas y de Estados Unidos. Recibió un premio de investigación en el año 2012 por sus méritos curriculares

Daniel Guadalupe Pech Pool

Licenciado en Biología por la Universidad Autónoma de Yucatán, Maestro en ciencias por el Centro de Investigación y Estudios avanzados del IPN y Ph.D por la Universidad Laval, Quebec, Canadá. Estancias Postdoctorales en el departamento de recursos

del Mar del CINVESTAV-IPN. Investigador Titular del departamento de ciencias de la sustentabilidad de El Colegio de la Frontera Sur en la unidad Campeche. Sus líneas de investigación se centran en la comprensión de la estructura y función de los ecosistemas costero-marinos tropicales, con un especial énfasis en conocer la capacidad de respuesta y adaptación ante los cambios ambientales actuales y derivados de la influencia antrópica y futuros derivados del cambio climático global. Ha participado en varios proyectos nacionales e internacionales en el tema de biodiversidad, vulnerabilidad y acidificación marina y en la conformación de redes de trabajo como la RICCSM, RECORECOS. Actualmente es coordinador del departamento de ciencias de la sustentabilidad de ECOSUR

Claudia Tatiana Peña Ledón

Maestra en Educación Ambiental por la Universidad Autónoma de la Ciudad de México y Licenciada en Comunicación Social por la Universidad de Colima. Colaboradora en los últimos años, del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, con diversos proyectos como: la elaboración de una estrategia ante el cambio climático para la UNAM; la evaluación de proyectos de política pública estatal en cambio climático; la coedición del Reporte Mexicano de Cambio Climático. Fue Becaria del Instituto Mora con un proyecto de análisis de política pública ambiental mexicana. Participó con coautoría en capítulos de libros como: *El Cambio Climático y Desastres: Un enfoque en políticas públicas,* UNAM, 2017; *La ambientalización curricular en la Educación Superior en México*, UNAM, 2012. Otras participaciones en el tema de su interés, la Educación Ambiental, han sido en las publicaciones *Investigar, mecanismo de reflexión y cambio*, CENID, 2017; *La Educación Ambiental en la UACM, su devenir y posibilidad*, UACM, 2015.

Alice Poma

Es Doctora en Ciencias Sociales, en el programa Ciencias Sociales y Medio Ambiente de la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España. La Dra. Poma es Investigadora del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 1), y docente en el Posgrado de Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM. Es autora del libro “Defendiendo Territorio y Dignidad. Emociones y Cambio Cultural en las Luchas contra Represas en España y México” (EDUEP (Brasil) e Iteso (México), 2017), y de artículos en español, inglés e italiano sobre conflictos socioambientales y movimientos sociales. Desde junio 2017 es inscrita como investigadora asociada en el IIS-UNAM, con el proyecto “Cambio climático y comités de ciudadanos en defensa del territorio: acciones locales para enfrentar un problema global”; y desde 2019 también lidera el proyecto PAPIIT “Generando CON-CIENCIA sobre el cambio climático: acciones locales para enfrentar un problema global” (Clave: IA300419). Sus principales líneas de investigación son: cambio climático, emociones y movimientos sociales y conflictos socioambientales.

Liliana Rivera-Lozano

Obtiene el título de Licenciado en Ingeniería Física por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) en el 2015. Posteriormente, la Escuela de Ingeniería y Ciencias de los Materiales (SEMS) de la Universidad de Londres Queen Mary (QMUL) le otorga el grado de Maestra en Ciencias en Ingeniería de Energías Sustentables en el 2017. Actualmente se desempeña como jefe académico y supervisor de proyectos de investigación por parte del laboratorio de Climatología y Calidad del Aire de la UACJ.

Julio Cesar Rolón Aguilar

Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", Ingeniero Civil, Doctor en Medioambiente por la Universidad de Sevilla, España. Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la FIANS, UAT y Líder del Cuerpo Académico Consolidación UAT-CA-029. Es Profesor con Certificación del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la SEP. Trabaja las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento sobre Desarrollo Sustentable y Vulnerabilidad, así como la de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Construcción. Su colaboración académica ha sido con varios Grupos de Investigación, entre ellos resaltan la Red de Cuerpos Académicos y la Escuela de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Sevilla, España.

Claudia Ros Gómez

Estudiante de Antropología Social en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Algunos de sus temas de interés son medio ambiente, naturaleza/cultura y desarrollo.

José Clemente Rueda Abad

Es doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Guanajuato. Desde el año 2010, es el secretario técnico del Programa de Investigación de Cambio Climático de la UNAM. Co-coordinador general del Reporte Mexicano de Cambio Climático. Coordinador académico de las nueve ediciones del Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Coordinador del grupo de Políticas Públicas de la Red Nacional de Investigación Multidisciplinaria en Cambio Climático (PINCC-CONACYT). Ha impartido cursos especializados en diversas entidades académicas del país. Sus líneas de investigación son: vulnerabilidad social, negociaciones internacionales del clima; gobernanza; financiamiento, cooperación internacional y políticas públicas climáticas. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores en la categoría de Candidato. Su publicación más reciente es: De París a Katowice. Geopolítica climática y gobernanza multinivel de la descarbonización económica: el caso de la transición energética

María Silvia Sánchez Cortés

Bióloga por la Facultad de Ciencias, UNAM; Maestra en Educación Ambiental por la Universidad de Guadalajara; Doctora en Ciencias Biológicas por el Instituto de Biología, UNAM. Profesora-Investigadora del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH, responsable del Laboratorio Cultura y Conservación Biológica y líder del Cuerpo Académico Manejo y Aprovechamiento de Recursos Naturales. Líneas de investigación: Percepciones y representaciones sociales sobre el agua, cambio climático y del ambiente; estudios socioambientales desde un enfoque interdisciplinario y de diálogo de saberes. Miembro de la Academia Nacional de Educación Ambiental. Proyectos actuales: Percepciones indígenas del clima y su cambio; Representaciones sociales de estudiantes de bachillerato y licenciatura sobre el cambio climático; Representaciones sociales del agua en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Gerardo Sánchez Torres Esqueda

Ingeniero civil por la Universidad Nacional Autónoma de México, con grado de maestría en ingeniería hidráulica por la Universidad Estatal de Pennsylvania y doctorado en ingeniería de recursos hidráulicos por la Universidad de Texas A&M en 1994. Trabajó inicialmente en el sector privado en el desarrollo de estudios y proyectos de obras hidráulicas y en la construcción de presas y obras marítimas. Posteriormente inició su trabajo en el sector académico en la Facultad de Ingeniería de la Universidad "Juárez" Autónoma de Tabasco y después en la Universidad Autónoma de Tamaulipas (1985-2015). Actualmente, se desempeña como Presidente de Ingenieros Sin Fronteras México, A.C., una ONG sin fines de lucro dedicada a promover y desarrollar proyectos de ingeniería de servicios básicos en comunidades pobres en zonas urbanas y rurales. Ha participado en estudios y proyectos de investigación relacionados con obras hidráulicas, manejo de recursos hidráulicos, modelación de la disponibilidad de agua en cuencas hidrológicas y cambio climático. Cuenta con publicaciones de artículos en revistas científicas; así como, capítulos en libros relacionados con el manejo costero y cambio climático.

Antonio Fernando Sarmiento Galán

Licenciado en Física por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (1972-78) y doctorado en Matemáticas Aplicadas por la University of London (1978-81). Investigador en el Instituto de Astronomía de la UNAM (1976-78, 1981-99) y en el Instituto de Matemáticas de la UNAM desde 1999 a la fecha. En 1991 recibió la Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos. Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias (1986) y de la Academia de Ciencias de Morelos (2003); en esta última coordina el Grupo Temático sobre *Calentamiento Global* desde 2007. Miembro del *International Advisory Board of the Protect Our Planet Movement*. Imparte curso sobre Calentamiento Global antropogénico en la UNAM y en la UAEM en licenciatura y postgrado. Habita en una casa auto-regulada térmicamente, libre de emisiones por uso de combustibles fósiles, con autosuficiencia energética (celdas

fotovoltaicas) y captura de lluvia.

Israel Felipe Solorio Sandoval

Es Profesor Asociado adscrito al Centro de Estudios en Administración Pública de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Doctor en Relaciones Internacionales e Integración Europea por la Universidad Autónoma de Barcelona, realizó su estancia post-doctoral en Environmental Policy Research Centre (FFU) de la Universidad Libre de Berlín. Actualmente es coordinador del proyecto "La política nacional de cambio climático: retos institucionales para la gobernanza ambiental en México (ClimaMex) y de la red de investigación sobre política energética de la Asociación de Estudios Europeos Contemporáneos (UACES). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I. Sus líneas de investigación versan en torno a la gobernanza y políticas públicas para el desarrollo sostenible.

Gustavo Sadot Sosa Núñez

Profesor-investigador en el Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. Es Doctor en Ciencia Política por la Universidad de East Anglia y realizó una estancia posdoctoral en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Sus intereses de investigación incluyen el análisis de políticas públicas ambientales, sus resultados y procesos de convergencia a nivel regional. Ha evaluado políticas de la calidad del aire y de cambio climático tanto en México y su entorno con América del Norte, como en la Unión Europea. De igual forma, ha investigado en torno a la política de etiquetado de productos que contienen organismos genéticamente modificados en dichas zonas geográficas. Tiene especial interés en la cooperación internacional respecto a la ciencia del ciclo del carbono, la política de océanos en América del Norte, y la consecución de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Fabiola Sagrario Sosa-Rodríguez

Es Jefa del Área de Crecimiento y Medio Ambiente, Departamento de Economía, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Azcapotzalco. Posdoctorado en Cambio Climático y Gestión del Agua, en la Universidad de Waterloo, Canadá. Doctorado en Estudios Urbanos y Ambientales y Maestría en Estudios Urbanos, en El Colegio de México. Licenciatura en Economía, en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Ganadora de la Beca para las Mujeres en la Ciencia de la Academia Mexicana de Ciencias y por la mejor tesis de investigación doctoral. Ha realizado estancias de investigación en la UNU-INWEH (Canadá), UNU-EHS (Alemania), EMI (México), y UCV-INHRR (Venezuela). Miembro del equipo investigador del PUEC-UNAM y consultora de varias organizaciones internacionales incluida la UNU-INWEH, el PNUD y el BID. Revisor experto del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés)

y Autor contribuyente de los Reportes de Evaluación, en el Grupo de Trabajo II sobre Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Miembro del Consejo Mundial de las Ciencias Sociales de la UNESCO, del Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT, y de varias Redes de Investigación en temas de agua y cambio climático, así como de la Delegación Mexicana para la Conferencia de las Partes (COP). Autor de diversas publicaciones nacionales e internacionales en revistas indexadas, capítulos de libro, reportes científicos y libros.

Esperanza Terrón Amigón

Licenciada en Educación Media Área Ciencias Naturales, Normal Superior FEP; Maestra en Educación: Campo Formación Docente por la Universidad Pedagógica Nacional; Doctora en Pedagogía por la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM); Diplomada en Educación Ambiental, ENEP Zaragoza, CCH SUR, PUMA-UNAM y Prospectiva de la Educación Superior Frente a los Retos del Desarrollo Sustentable, UNAM, CESU, SEMARNAP, ANUIES, UAM, UNESCO. Profesora/investigadora titular "C", ÁA2. Diversidad e Interculturalidad, UPN. Miembro fundador de la Academia Nacional de Educación Ambiental. Proyectos actuales: Representaciones sociales sobre la Educación ambiental en profesores de educación básica; Representaciones sociales sobre el cambio climático en estudiantes de la UPN, actualmente me encuentro investigando sobre las Representaciones sociales del cambio climático en profesores de una zona urbana de la ciudad de México y de una comunidad Ch'ol en Chiapas, México, así como desarrollando el proyecto: Complejidad y pedagogía ambiental, claves para una docencia y aprendizaje integradores sobre el cambio climático antropogénico en la escuela primaria.

Rocío del Carmen Vargas Castilleja

Ingeniera Industrial por la Facultad de Ingeniería Arturo Narro Siller (FIANS) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Doctora en Medioambiente por la institución antes mencionada. Es Profesora de Tiempo Completo en la FIANS con certificación del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la SEP, es colaboradora de Ingenieros Sin Fronteras México, A.C. y miembro de la Red Nacional de Investigación Multidisciplinaria en Cambio Climático (CLIMARED) del Programa de Investigación en Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México, forma parte del Sistema Nacional de Investigadores, nivel C. Las líneas de investigación; cambio climático y recursos hídricos. Ha establecido colaboración en diversos proyectos, tales como: Evaluación y Monitoreo de la Vulnerabilidad al Cambio Climático de las Costas de Tamaulipas y Consultoría para la Integración, análisis y propuesta de un esquema que permita aplicar y monitorear el balance hidráulico a nivel cuenca y que incluya escenarios de cambio climático disponibles en México.

Felipe Adrián Vázquez-Gálvez

El Departamento de Química de la Universidad de Texas en El Paso (UTEP) le otorga en 1982, el título de Licenciado en Química y posteriormente el grado de Maestro en Ciencias en Química en el año de 1985. Recibe el grado de Doctor en Filosofía en el área de aerosoles atmosféricos por parte del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Se ha desempeñado como Subprocurador Federal en la PROFEPA, Subsecretario de Gestión en la SEMARNAT, Director Ejecutivo de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte y Coordinador General del Servicio Meteorológico Nacional de México. A partir del 2014, labora dentro del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

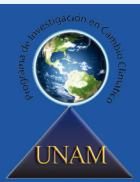
Daniel Zavala Araiza

Se ha dedicado a estudiar los impactos ambientales de sistemas energéticos. Estudió ingeniería química en la Universidad Iberoamericana y tiene un doctorado en ciencias ambientales por la Universidad de Texas en Austin. Adicionalmente, cuenta con estudios de posgrado en filosofía de la ciencia y ecología política. Ha impartido clases y seminarios de sustentabilidad y ciencias ambientales. En EDF se ha enfocado en el estudio de las emisiones de metano y el diseño de políticas de mitigación eficientes. Actualmente participa en la coordinación del "*Climate and Clean Air Coalition* (CCAC) *International Oil and Gas Methane Studies*" un proyecto internacional para la medición y caracterización de emisiones de metano del sector hidrocarburos a nivel mundial.

Ruth Zavala Hernández

Doctora en Ciencias Políticas y Sociales, maestra en Estudios en Relaciones Internacionales y licenciada en Relaciones Internacionales por la UNAM. En todos los grados fue merecedora de la mención honorífica. Actualmente, es becaria posdoctoral del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM, donde se encuentra desarrollando el proyecto titulado "El Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte y su influencia en la construcción de la gobernanza ambiental en el marco de la renegociación del TLCAN". Se ha desempeñado como profesora de asignatura adscrita al Centro de Relaciones Internacionales y al Centro de Estudios Sociológicos de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Sus líneas de investigación son: desarrollo sostenible, gobernanza, cambio climático, cooperación internacional y política ambiental de América del Norte

Esta obra se terminó de realizar en el mes de julio de 2019 por
el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM.
Circuito de la Investigacion Cientifica s/n
Edificio de Programas Universitarios de la UNAM, Planta Alta
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU

Programa de Investigación en Cambio Climático
UNAM