VISIONES SOBRE LA HABITABILIDAD TERRESTRE Y HUMANA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.

UNA PRIMERA APROXIMACIÓN EPISTEMOLÓGICA

SANDRO CERVANTES NÚÑEZ
COORDINADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

VISIONES SOBRE LA HABITABILIDAD TERRESTRE Y HUMANA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.

UNA PRIMERA APROXIMACIÓN EPISTEMOLÓGICA

SANDRO CERVANTES NÚÑEZ

COORDINADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

MÉXICO 2021

ISBN DE LA OBRA: 978-607-30-5442-3

Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Investigación en Cambio Climático

Coordinación General y Edición:
Sandro Cervantes Núñez

Diseño editorial:
Uziel Soriano Flores

Portada:
Idea de Sandro Cervantes Núñez con diseño de Uziel Soriano Flores

D.R. © 2021 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

Tamaño del documento: 23.7 MB

Dedicatoria:

Esta obra está dedicada a las cuatro mujeres que han sido pilares de mi vida, pues gracias a su apoyo, enseñanzas, cariño, confianza y compañía, he logrado junto a grandes autores, construir esta obra, que espero sea la "Punta de lanza" del cambio, en un tema que se está convirtiendo rápidamente en "Vida o Extinción" para nuestra especie.

Con amor, respeto y admiración para ustedes Yunuén, Citlalli, Sandra y Yolanda…

Índice

INTRODUCCIÓN 9

CAPÍTULO 1 15

HABITABILIDAD TERRESTRE HUMANA: qué es y qué la pone en peligro.

Sandro Cervantes Núñez, Carolina Ureta y Carlos Gay García

CAPÍTULO 2 31

ECOÉTICA, CRISIS AMBIENTAL Y ECONOMÍA: la necesidad de ir más allá de la sustentabilidad

Lawrence Moisés Alexander López Ganem

CAPÍTULO 3 45

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL HÁBITAT HUMANO, EN LA ACUMULACIÓN DE CAPITAL

Roque Juan Carrasco Aquino, Hena Andrés Calderón y Gil Santomé Kau

CAPÍTULO 4 63

HABITAR LOS ESPACIOS: topofilia y espiritualidad

Brenda Suárez Alvarez, Blanca Estela Gutiérrez Barba

CAPÍTULO 5 79

HABITABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL EN LAS CIUDADES: género, cambio climático y economía del cuidado.

Ericka Fosado Centeno, Libertad Chavez-Rodriguez, Margarita Velázquez Gutiérrez, Rodrigo Llanos Flores

CAPÍTULO 6 99

GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO: el rol del marco jurídico en la habitabilidad segura municipal

Marisol Anglés Hernández

CAPÍTULO 7 111

ACCIONES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LO LOCAL:

el caso del canal nacional, CDMX

María Concepción Martínez Rodríguez, Erick Alejandro Rafael Aguilar Obregón y Linda Marlene Yáñez Pérez

CAPÍTULO 8 127

EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUATRO SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PRIORITARIOS PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

Teresa Margarita González Martínez, Víctor Ávila Akerberg, Enrique Arturo Cantoral Uriza, Lucia Oralia Almeida Leñero

CAPÍTULO 9 151

EVAPOTRANSPIRACIÓN Y LAS NECESIDADES HÍDRICAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Rocío García Matínez, Moisés López-Carrasco, Enrique González Sosa

CAPÍTULO 10 169

LA HABITABILIDAD EN UNA REGIÓN DE EMERGENCIA AMBIENTAL: el caso de la cuenca del río Tijuana

Gabriela Muñoz Meléndez

CAPÍTULO 11 187

LAS ESPECIES ENDÉMICAS DE LAGARTIJAS DE MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Fausto Roberto Méndez de la Cruz, Natalia Fierro Estrada, Diego Miguel Arenas Moreno y Mirna Crisel Vera Chávez

CAPÍTULO 12 205

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA: reto a alcanzar por cambio climático y sus consecuencias en la habitabilidad

Carolina Ureta y Alma Mendoza Ponce

CAPÍTULO 13 219

ESCENARIOS SOBRE LA HABITABILIDAD TÉRMICA EN LOS EDIFICIOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: impactos en el bioclima, consumo de energía y emisiones de CO_2 en México

David Morillón Gálvez y Sandro Cervantes Núñez

CAPÍTULO 14 233

EFICIENCIA ENERGÉTICA: impactos potenciales en la habitabilidad de la vivienda social y en la habitabilidad terrestre

Fernando Marcos Aguilar Parra, Antonina Ivanova Boncheva

CAPÍTULO 15 251

IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y LA GOBERNANZA COMO FACTOR CONTINGENTE CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Juan Ramón García-Feregrino

CAPÍTULO 16 267

APRENDIZAJE BASADO EN RETOS: el caso del curso en cambio climático a nivel licenciatura, CdMx, México.

José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz, María de Jesús Ordóñez Díaz, Luis Enrique Ortega Treviño, Anabell Munguia Barcenas, Adolfo Galicia Naranjo, Sandro Cervantes Núñez, Jorge Membrillo Hernández y Danae Itzel Jiménez Méndez

CAPÍTULO 17 291

LA EDUCACIÓN CLIMÁTICA PARA LA GOBERNANZA MULTINIVEL EN MÉXICO

José Clemente Rueda Abad y Rocío del Carmen Vargas Castilleja

Semblanzas 323

Introducción

José Clemente Rueda Abad

Dr. Ciencias Sociales, Universidad de Guanajuato. Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM.

En esta obra colectiva, por la multiplicidad de impactos proyectados entendemos al cambio climático como un factor que modificará las condiciones de la habitabilidad planetaria, en ese sentido, lo que el lector podrá encontrar en el interior de este volumen son visiones académicas, fruto de procesos de investigación en diversas áreas del quehacer científico que se centran básicamente en el territorio nacional y algunos de los retos que se visualizan en el presente y en el futuro.

El capítulo que abre la obra se denomina ***Habitabilidad terrestre humana: qué es y qué la pone en peligro***. Este capítulo tiene por objetivo responder la pregunta ¿qué es la habitabilidad? Y en él se sostiene entre otras cosas que las modificaciones a la estabilidad terrestre deben comunicarse ampliamente a todos los estratos de la sociedad y de hecho a todos los habitantes del planeta; es decir se trata de comunicar el riesgo que significa la perdida de habitabilidad en el presente y de cara al futuro. Si bien, como señalan los autores, el cambio climático se presenta como el mayor reto socioambiental el problema de la habitabilidad es múltiple y de hecho no existe una definición única, lo cual nos lleva a un área de oportunidad porque sobre esta temática no hay mucha literatura disponible y la relevancia de entender la habitabilidad se centra en el hecho de que ante la modificación de las condiciones de habitabilidad se abren solo tres opciones: adaptarse, migrar o extinguirse.

El segundo capítulo de esta obra es ***Ecoética, crisis ambiental y economía: la necesidad de ir más allá de la sustentabilidad,*** en este documento que oscila entre las reflexiones de carácter filosófico y el análisis de los temas de carácter económico se sostiene entre otras que la crisis ambiental se encuentra directamente vinculada a los procesos económicos, desde esa perspectiva la revisión del concepto de "sustentabilidad" permite clarificar que esta no es más que una pervivencia de la teleología del crecimiento y el desarrollo económicos, conceptos ambos que son deudores del ideal de Progreso decimonónico.

El tercer capítulo de esta obra es ***El cambio climático y el hábitat humano, en la acumulación de capital*** y se trata de una aportación que de alguna manera complementa el capítulo de apertura de esta obra; ya que desde una visión crítica de los procesos económicos y con un discurso enclavado en el análisis del materialismo histórico. De acuerdo con los autores pueden percibirse tres procesos que interactúan en el cambio climático: primero, acumulación de capital, es incompatible con la sustentabilidad de la vida en el planeta, provocando la sobreexplotación de los recursos naturales y humanos; segundo, instaurar la producción industrial en técnicas productivas, basadas en el consumo de combustibles fósiles, tiende a comprender la producción de gases efecto invernadero (GEI) y; tercero, entre los países productores de GEI: EU y China despojan los recursos de la naturaleza.

El cuarto capítulo de este volumen se intitula ***Habitar los espacios: topofilia y espiritualidad*** tiene un enfoque de carácter sociológico deja de lado la perceptiva del espacio y su vinculación economicista de los servicios ecosistémicos que brindan a las comunidades sociales y se centra en el hecho de entender los procesos de apropiación social del territorio, en ese sentido, este capítulo nos presenta el espacio como un proceso de índole cultural en el que interviene la necesidad humana de generar arraigo y sentido de pertenencia. En este capítulo se busca describir la importancia de los beneficios intangibles de los ecosistemas y destacar la relevancia de incluirlos en la discusión sobre la crisis climática y sus efectos.

El siguiente capítulo se denomina ***Habitabilidad social y ambiental en las ciudades: género, cambio climático y economía del cuidado,*** uno de los objetivos de esta capitulo es mostrar al lector que el análisis de la habitabilidad es un asunto complejo y en el que los problemas de índole social se encuentran estrechamente vinculados con fenómenos de carácter natural ya que existen procesos de retroalimentación entre ellos. El capítulo sostiene la pertinencia trabajar conjuntamente los conceptos de habitabilidad y cuidado a fin de estar en posibilidades de orientar la agenda climática hacia un marco de justicia socio ambiental con perspectiva de género.

El sexto capítulo de este volumen se llama ***Gestión integral de riesgos ante el cambio climático en México: el rol del marco jurídico en la habitabilidad segura municipal***, esta aportación parte de señalar y hacer énfasis en un elemento que es transversal en toda la obra: los impactos de la habitabilidad se pueden ver y documentar en espacios delimitados geográficamente, en este caso específico se mencionan a los municipios. Se trata de una aportación proveniente de las ciencias jurídicas, donde más allá de la institucionalización de algunos mecanismos de prevención se hace un análisis sobre si la existencia de estos contribuye efectivamente a la reducción de riesgos de desastres asociados al clima.

El septimo capítulo se intitula, ***Acciones frente al cambio climático desde lo local: el caso del canal nacional, CDMX,*** en éste se sostiene que la amenaza de la habitabilidad terrestre no sólo es resultado de prácticas humanas insostenibles, sino resultado de la construcción creciente de sociedades desiguales, inseguras e injustas. Básicamente la aportación de cuenta sobre diversas acciones que la sociedad civil organizada ha emprendido para rescatar el Canal Nacional, mostrando de manera directa que la conservación y el cuidado de zonas específicas no siempre es una tarea que es encabezada por las autoridades, sino que esta es realizada por ciudadanos conscientes de la degradación ambiental de sus espacios donde habitan.

El octavo capítulo se denomina ***Efecto del cambio climático en cuatro servicios ecosistémicos prioritarios para la Ciudad de México,*** este capítulo utiliza como herramienta para el modelo ECHAM5 (escenarios A1B y A2, horizontes temporales 2030 y 2050). Y sostiene que el cambio climático modificará la distribución potencial, estructura y composición de las comunidades vegetales, especialmente del bosque de oyamel así como la reducción del hábitat de las plantas vasculares conducirá a la desaparición de especies en el tope altitudinal y en la zona más húmeda; además, la provisión de agua disminuirá hasta 10.77 Mm^3 anuales debido a una menor precipitación y al aumento de la evapotranspiración. El capítulo contiene un fuerte llamado para implementar estrategias de manejo socioecosistémico que favorezcan la presencia de comunidades vegetales saludables, resilientes y funcionales, con alta cobertura en sus zonas de redistribución potencial.

El capítulo noveno denominado ***Evapotranspiración y las necesidades hídricas frente al cambio climático*** señala que la evapotranspiración es un importante parámetro para diferentes campos científicos, su medida es necesaria para la adecuada gestión de los recursos hídricos y la caracterización de los diferentes ambientes climáticos. Desde esta perspectiva, la urbanización incuestionablemente afecta la hidrología en una ciudad o cuenca urbana a escala regional y local, las mayores afectaciones en la hidrología se relacionan con los cambios en el uso de suelo, los patrones de precipitación, el análisis a escala espacio temporal en la dinámica de la precipitación. El capítulo muestra un análisis de la evapotranspiración como elemento importante sobre las necesidades hídricas frente al Cambio Climático.

El décimo capítulo de esta obra utiliza el concepto “habitabilidad regional” y se describe su relación con lo local (cuenca hidrográfica) y global (cambio climático) y se denomina ***La habitabilidad en una región de emergencia ambiental: el caso de la cuenca del río Tijuana*** para lograr esta aproximación teórica, en esta aportación se usaron indicadores socioeconómicos y ambientales, y al análisis de flujos de materia y energía para describir los impactos ocasionados por la urbanización acelerada en la cuenca del río Tijuana, este capítulo, entre otras cosas, concluye que el desarrollo

adoptado ha alejado a las urbes en la cuenca de la sustentabilidad ambiental y les ha conferido un estado de emergencia ambiental; tampoco las ha hecho resilientes ni ha contribuido a la habitabilidad regional.

En el decimoprimer capítulo se sostiene que el cambio climático es uno de los factores que ha provocado que la biota se enfrente a la sexta extinción masiva del planeta. Esta aportación se intitula ***Las especies endémicas de lagartijas de México ante el cambio climático*** y en él se analiza la vulnerabilidad que presentan diversas lagartijas ante el cambio climático. Este capítulo es relevante porque puntualiza un elemento central del problema de la habitabilidad para especies no humanas porque las evidencias no favorecen la posibilidad de sobrevivir al aumento de temperaturas, aunque sí posibilitan la colonización de sitios más elevados. Los riesgos y oportunidades que enfrentan los organismos endémicos son medidas emergentes, que en algunos casos los están conduciendo a la extinción.

El siguiente capítulo se denomina **Producción agrícola y seguridad alimentaria: reto a alcanzar por cambio climático y sus consecuencias en la habitabilidad** en él se argumenta que la producción agrícola y la habitabilidad humana del planeta están siendo amenazadas por el cambio climático. En esta aportación se señala que actualmente cerca de 800 millones de personas sufren hambre, y aproximadamente nueve millones mueren por esta causa anualmente Ante estos hechos, en el capítulo se hace la pregunta ¿producimos la cantidad suficiente de alimento para abastecer a la población mundial? Más allá de los volúmenes de producción se desprende que el hambre en el mundo está vinculada con la falta de acceso al alimento, por pobreza, inequidad o distribución geográfica, más que por una falta en la producción. En el capítulo se identifican no solo los productos sino a los principales países productores, lo cual sin proponerlo esta aportación pone en la discusión las dimensiones del poder y la geopolítica en los procesos de la soberanía alimentaria.

El capítulo decimotercero se intitula ***Escenarios sobre la habitabilidad térmica en los edificios frente al cambio climático: impactos en el bioclima*,** consumo de energía y emisiones de CO_2 en México, este capítulo tiene como objetivo determinar la variación del bioclima, el requerimiento energético para la climatización y las emisiones de CO_2 relacionadas con el uso de dicha energía, este tipo de estudios son necesarios porque el clima brinda condiciones o sensaciones higrotérmicas que, definen estrategias para la habitabilidad en los edificios, de forma natural o con equipos de climatización, como el aire acondicionado para el enfriamiento o la calefacción, los cuales presentan consumo de energía. Se concluye entre otras cosas que las condiciones actuales se verán agravadas frente al cambio climático, al ser modificados los bioclimas, que se refieren a la asociación de los

elementos meteorológicos que influyen en el bienestar fisiológico o confort térmico del ser humano, importante para la habitabilidad humana infraestructural.

El decimocuarto capítulo se intitula ***Eficiencia energética: impactos potenciales en la habitabilidad de la vivienda social y en la habitabilidad terrestre***, este capítulo explora uno de las tres estrategias de mitigación vinculadas al Acuerdo de París (las otras dos son la transición energética y la investigación en geoingeniería). En esta aportación se aplica una metodología para evaluar el consumo eléctrico y las emisiones generadas por dos tipos de vivienda social en La Paz, Baja California Sur, una con aplicaciones bioclimáticas y otra convencional, presentando la viabilidad de disminuir las emisiones en una mayor escala. Entre las cosas que concluyen los autores es que la multiplicación de la escala de implementación de la eficiencia energética a nivel vivienda social, es una vía importante para elevar la habitabilidad social y la habitabilidad terrestre humana, disminuyendo las emisiones de GEI y elevando el nivel de vida de los seres humanos.

El siguiente capítulo se intitula ***Importancia de la educación ambiental y la gobernanza como factor contingente contra el cambio climático,*** en éste se hace un llamado a la formación de recursos humanos considerando e incorporando una dimensión transversal del objetivo 17 y los objetivos 11, 12 y 13 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, se sostiene que solo con esta visión transversal e integradora se podrá hacer ciudades y comunidades más sostenibles respecto de su consumo y producción, en donde se adopten medidas para combatir el cambio climático y sus efectos asegurando que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

El capítulo decimosexto de este volumen se llama ***Aprendizaje basado en retos: el caso del curso en cambio climático a nivel licenciatura, CDMX, México,*** este capítulo lo que hace, entre otras cosas es presentar los resultados obtenidos en el transcurso de 12 años en la práctica docente frente a diversos grupos de participantes que han tomado una materia de cambio climático. Entre sus aportaciones está el hecho de que los autores documentan el tipo de aprendizajes que se han obtenido por los participantes, lo que muestra el capítulo es la deficiente formación ambiental con que llegan los estudiantes a la formación profesional y en otra perspectiva es la casi nula importancia de esta temática en los procesos de formación básica, los cuales solo pueden ser subsanados a partir de interés individual de los estudiantes que se inscriben en este tipo de materias.

El capítulo que cierra la obra se denomina ***La educación climática para la gobernanza multinivel en México,*** en él se usa como contexto los impactos probables del cambio climático

presentados por el IPCC en el Informe Especial de la elevación de la temperatura del año 2018, no solo implican modificaciones sustantivas en la habitabilidad terrestre, sino que lo más relevante es que les da una temporalidad y ubica que el conjunto de impactos estaría sucediendo antes del 2050, esto es lo que en espacio público global se ha denominado como emergencia climática. Ante dicho panorama, se hace necesario saber cómo se está educando a las generaciones actuales para que tengan conocimiento y una opinión bien formada sobre el escenario climático proyectado. Este capítulo muestra los resultados de una intervención directa con profesores del Colegio de Ciencias y Humanidades donde sugieren que tipo de estrategias pedagógicas podrían usarse para dicha finalidad, también se hace una revisión de los temas climáticos que un conjunto de estudiantes del Plantel Vallejo tiene sobre el cambio climático. El capítulo concluye que la formación actual de los estudiantes requiere modificarse para mostrarles un conjunto de herramientas que les permitan sobrevivir en un mundo con un clima cambiante.

Sin lugar a dudas, la realización de esta obra colectiva, es como señala el titulo una primera aproximación epistemológica a dicha temática. Aparentemente, se sabe mucho sobre el cambio climático y sus escenarios e impactos, sin embargo, de lo que se sabe poco es cómo reaccionan las comunidades sociales y los individuos dentro y fuera de sus procesos de interacción cotidiana frente a los temas climáticos y ambientales.

En ese sentido esta obra busca ser una contribución, realizada desde diversas disciplinas académicas, que sirva al lector para acercar a su cotidianeidad un problema complejo como el cambio climático y le permita visualizar los impactos en el ámbito local, en los espacios en los que habita y que habrán de verse impactados por el cambio climático.

Con esa intención como colofón, los coordinadores de esta obra agradecen y reconocen el trabajo de todas y todos los autores que generosamente han invertido tiempo para el desarrollo de cada uno de los capítulos que integran esta obra que cabe mencionar han sido escritos en el confinamiento provocado por la crisis sanitaria de la COVID19. Como siempre corresponde en este tipo de casos, las afirmaciones aquí contenidas son responsabilidad de cada uno de los autores y aunque este libro ha sido publicado por el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM eso no significa que los contenidos de la obra configuren la postura oficial del programa ante este problema.

CAPÍTULO 1

HABITABILIDAD TERRESTRE HUMANA: qué es y qué la pone en peligro.

Cervantes S.[1], Ureta C.[2] y Gay C.[3]

[1] Maestro en Ciencias Biológicas especialidad en Biología Ambiental. Doctorante en Ciencias de la Tierra especialidad en Habitabilidad Planetaria y Astrobiología. Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM. scervantes@atmosfera.unam.mx alainguzman@msn.com

[2] Doctora en Ciencias Biológicas. Departamento de Ciencias Atmosféricas, Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. carolinaus@atmosfera.unam.mx

[3] Doctor en Astrogeofísica. Departamento de Ciencias Atmosféricas, Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. cgay@unam.mx

Resumen

La habitabilidad tiene varias definiciones dependiendo de la disciplina con la que se estudie. Pero se coincide en que es un conjunto de características que permite que la vida exista y prevalezca. En la actualidad una de las principales amenazas para la habitabilidad es el cambio climático antropogénico. La velocidad del cambio en el clima actual no tiene precedente y complica la sobrevivencia de millones de especies, incluida la nuestra. A un nivel ambiental, de los mayores riesgos que corremos en términos de habitabilidad por cambio climático, es la alteración del ciclo del agua y la pérdida de alimento. Los patrones de precipitación ya están alterados en comparación a la época preindustrial y seguirán alterándose en las próximas décadas. Además, se reducirán o perderán servicios ecosistémicos como el control biológico de plagas y la polinización. Esta situación tendrá consecuencias en la producción de alimento. Socialmente, el planeta también puede dejar de ser habitable si, a pesar de tener suficientes recursos la gente sigue muriendo de hambre por una repartición injusta. La habitabilidad también se relaciona a sociedades más equitativas que eviten el sexismo, racismo o clasismo. Los acuerdos internacionales, así como las políticas y prácticas locales son esenciales para reducir brechas que permitan una habitabilidad que trascienda necesidades ambientales.

Palabras clave: Habitabilidad, Cambio Climático, Ambiente, Desigualdad, Pobreza, Discriminación, Sociedad, Humanidad

Abstract

Habitability has a variety of definitions, given that it has been studied by multiple disciplines. However, they all coincide in the fact that it's a group of characteristics which allow life to prosper. One of the main threats to our planet's habitability is anthropogenic climate change. The current climate change rate is unprecedented. It has never been experienced by any other living organism on planet Earth. The main challenges facing humanity and other species in the face of climate change are food and water shortages. Precipitation patterns have changed since preindustrial times and will continue to change in the next decades. Ecosystem services such as pollination and pest control will be modified, having a negative effect on food production. There is also a threat that our planet reduces it's habitability if people keep dying of hunger because of unequal food distribution. Habitability also means being able to create equal societies which avoid sexism, racism and classism. Adequate international treaties and local policies are essential in reducing social gaps and to ensure a type of habitability that goes beyond environmental needs.

Keywords: Habitability, Climate Change, Environment, Inequality, Poverty, Discrimination, Society, Humanity

Introducción

¿Qué es la habitabilidad? Existen varias definiciones, pero existe un consenso en que es un conjunto de características que permiten albergar vida. Desde un punto de vista de las ciencias naturales, estas características están relacionadas con la paleaontología, geología, fisicoquímica entre otras; pero para las disciplinas de las ciencias sociales como la arquitectura, la sociología, la política, la ingeniería, etc., la habitabilidad se entiende como una condición generada por las capacidades y el ingenio humano, una condición artificial en la que la humanidad puede vivir adecuadamente incluso ante las adversidades del ambiente natural y social.

Para explicar con mayor precisión la habitabilidad, hace falta una discusión profunda sobre los conceptos de habitabilidad, que integren los conocimientos y visión de diferentes disciplinas. También es importante se conozcan las principales amenazas para la habitabilidad humana entre las que destaca el cambio climático antropogénico. El cambio climático se entiende como un cambio en el estado del *clima*, debido a cambios en la variabilidad natural y que persiste durante un período prolongado, típicamente décadas o más (IPCC, 2018).

A pesar de que el cambio climático no es un fenómeno desconocido para la vida en el planeta (Abramov & Mojzsis, 2009; Bostrom & Ćirković, 2011, Tashiro et al., 2017), la tasa de cambio actual ocasionada por actividades del ser humano, no tiene precedentes. Estos cambios que se han dado en unas cuantas décadas dejan a las especies del planeta con tres únicas alternativas: adaptarse, migrar o extinguirse (WWF, 2018). Los efectos que puede tener el cambio climático antropogénico sobre la habitabilidad humana es un área poco investigada, y esa es una de las principales razones y motivaciones para la escritura de este libro. En este primer capítulo, comenzaremos por brindar algunos datos y análisis breves sobre este complejo tema, que se complementarán con los conocimientos que las y los demás autores nos han brindado en los siguientes capítulos.

1. El estudio de la habitabilidad

La biología estudia la habitabilidad terrestre a través del hábitat y del nicho ecológico (López-García, 2007), sin embargo, el estudio de la habitabilidad ha sido un tema fundamental para la exobiología (astrobiología), desde hace ya al menos 3 décadas. Este reciente campo del conocimiento, tiene como uno de sus principales objetivos, el estudio de la vida más allá de la Tierra (Marais y Walter, 1999), y nos ha brindado algunos de los mayores esfuerzos, enfocados en el entendimiento y definición de la vida y la habitabilidad (ver Duda & Reitner, 2016; Blank et al., 2018; Guyon et al., 2018; Chan et al., 2019; Longo, Laporta, V., & Longo, 2019; Merino et al., 2019; Hoehler, Amend, & Shock, 2007; Shock y Holland, 2007, Lammer et al., 2009; Javaux y Dehant, 2010; Lineweaver y Chopra, 2012;

Rushby, Johnson, Mills, Watson, & Claire, 2018; Cockell, Stevens, & Prescott, 2019; y referencias en ellos). Estos antecedentes son la base conceptual en la que nos hemos apoyado, para generar una propuesta de clasificación, (Tabla 1) (ver Cervantes-Núñez y Gay, 2018) y para generar definiciones que nos ayuden a comprender mejor, la habitabilidad terrestre y la humana a lo largo de todos los capítulos de este libro.

Tabla 1. Definiciones de habitabilidad y su relación conceptual.

<table>
<tr><td rowspan="5">Habitabilidad General</td><td colspan="5">Planetaria</td></tr>
<tr><td colspan="3">Terrestre</td><td colspan="2">Metaterrestre</td></tr>
<tr><td>Global</td><td>Genético-ambiental</td><td>Humana</td><td>Exohabitabilidad</td><td>Xenohabitabilidad</td></tr>
<tr><td colspan="5">Espacial</td></tr>
<tr><td colspan="2">Interplanetaria</td><td colspan="3">Interestelar</td></tr>
</table>

En las últimas décadas, hemos avanzado enormemente en ciencia y tecnología, duplicando los avances aproximadamente cada 10 años (Kaku, 1999). Ha habido un importante crecimiento económico basado en la explotación de los recursos naturales que representa en la actualidad la máxima prioridad para el desarrollo de la sociedad humana (Cairns, 2014; Global Challenges Foundation, 2014). Sin embargo, somos seres vivos y al igual que las otras especies con las que coexistimos en nuestro planeta, dependemos del ambiente y sus recursos, y aun con toda nuestra ciencia y tecnología, si dañamos irreversiblemente los recursos del planeta (y con ello los servicios ecosistémicos) (ver Fisher, Turner, & Morling, 2009), lo podríamos volver inhabitable para nuestra especie y para las millones de otras especies (Cervantes-Núñez et al., 2015).

A la fecha no existe ningún marco teórico para estudiar, restaurar y proteger la habitabilidad terrestre y humana, pero si se construye podría ser una vía para encontrar soluciones que eviten el deterioro del planeta. Lo más cercano al estudio de la habitabilidad terrestre y humana son los estudios de Centro de Resiliencia de Estocolmo sobre los límites planetarios (ver por ejemplo Rockström at al., 2009; Steffen y col. 2015) y el Índice Global Planeta Vivo (ver WWF, 2018). En este libro abordamos la problemática desde una perspectiva antropocéntrica, aunque sabemos que el problema de la habitabilidad terrestre rebasa el bienestar de nuestra especie.

2. Definiciones y nociones de la habitabilidad para algunas disciplinas.

Para los fines de este libro, hemos actualizado algunas definiciones (Tabla 1).

2.1 Definiciones

Habitabilidad general:

Se trata de un fenómeno dinámico y complejo, cuyo origen y existencia depende de las interacciones y retroalimentaciones, entre la vida (concebida como un posible fenómeno universal) y las condiciones estelares, planetarias, climáticas y fisicoquímicas, de diversos lugares en el Universo.

Habitabilidad planetaria desde una visión abiótica:

Es la capacidad planetológica, fisicoquímica y termodinámica, de un planeta o satélite planetario, para albergar vida que se origina en él o es transportada a él, por un tiempo determinado.

Habitabilidad planetaria desde una visión biótica:

Es la capacidad o propiedad de la vida, autoctona o transportada, para adaptarse y permanecer a través de modificar diversas condiciones de un planeta o satélite planetario, y que facilita la diversificación biológica o el establecimiento de otras especies introducidas, por un tiempo determinado.

Habitabilidad terrestre

Es un fenómeno que se genera y persiste, en la interacción entre la vida que conocemos, el Sol, y las características geoplanetarias, fisicoquímicas y termodinámicas de la Tierra, favoreciendo la diversificación taxonómica y de nichos ecológicos por un tiempo determinado.

Habitabilidad humana

El humano es capaz de extender, hasta cierto límite, la habitabilidad natural mediante una habitabilidad semi-artificial. Considerando lo anterior, la habitabilidad humana es un fenómeno dinámico natural que se genera, aumenta o disminuye, y persiste o se va deteriorando, en la interacción entre las condiciones climáticas, bioecológicas y geobiológicas de la Tierra, con las capacidades sociales, tecnológicas y científicas del Humano. En esta interacción, en los últimos siglos y décadas, el humano ha generado capacidades económicas, productivas y geopolíticas, que también interaccionan con las condiciones planetarias, permitiendo un mayor crecimiento demográfico, y una mayor dispersión y tránsito de la especie humana (y de aquellas especies

que utiliza) por prácticamente toda la biósfera. De esta manera, la calidad y expectativa de vida de una parte de la población humana ha aumentado, aunque al mismo tiempo ha afectado negativamente esas condiciones planetarias, a un punto cuya gravedad es aún imposible de determinar por la complejidad sistema terrestre.

2.2 Nociones

Habitabilidad en la arquitectura:

La arquitectura es el arte de construir y crear espacios para ser habitados por el ser humano. Lo construido se convierte en arquitectura cuando es habitado, y para ello, los espacios construidos deben permitir al ser humano expresarse y vivir libremente. El espacio habitable no solo debe permanecer dentro de la vivienda, sino debe replicarse creando espacios privados y urbanos, para que el ser humano los habite y se apropie de ellos. Por tanto, la arquitectura no existe si no se procura la habitabilidad humana, mientras que esta habitabilidad puede existir sin la arquitectura. Para los fines de este libro, podemos considerar a la arquitectura como el arte en la construcción que genera habitabilidad artificial para el humano y las especies que necesita, investiga o protege.

Habitabilidad en las ciencias sociales:

Para las ciencias sociales, la habitabilidad humana se relaciona con la calidad de vida. Las condiciones de habitabilidad comprenden características y cualidades del espacio, entorno social y medio ambiente. Estas características deben contribuir a brindar a las personas una sensación de bienestar personal y colectivo, e infundirles la satisfacción de residir en un asentamiento determinado (Moreno, 2002).

Habitabilidad en la ingeniería:

Para la ingeniería, una ciudad, una construcción urbana, bunker, cápsula espacial, estación terrestre o espacial, hábitat terrestre o planetario, etc., que pueda albergar humanos, deben cumplir con ese fin práctico, y están menos enfocadas a cumplir con un fin estético. Para construir habitabilidad, la ingeniería toma en cuenta las características del material y de la construcción para las estructuras necesarias (firmeza, inclinación, densidad, etc.), los dispositivos mecánicos y electrónicos que requieren y las medidas de seguridad para el espacio vital, sin darle mayor importancia a las relaciones que podrían surgir entre las personas, el medio y las personas, y aquellas comodidades que proporcionan felicidad, como sí lo considera la arquitectura (Montaner, 1997).

3. La habitabilidad humana, ambiente y cambio climático

Hoy en día, el cambio climático (ver IPCC, 2018), la degradación ambiental y el crecimiento poblacional aunado a una baja sostenibilidad (MEA, 2005; WWF, 2018), son los principales riesgos para la habitabilidad terrestre y humana (Steffen et al., 2015). Aun cuando los cambios en el hábitat y los recursos que ocupan las especies para sobrevivir ocurren también de manera natural, el cambio climático, la tasa de crecimiento poblacional humano, así como la extracción desmedida de recursos naturales y producción de desechos (baja sustentabilidad general) (Venter et al., 2016), han disminuido o alterado la vegetación, el clima y la disponibilidad de alimentos para millones de especies, empujándolas a migrar, competir con el humano o extinguirse (Newbold et al., 2016).

Existe una estrecha relación entre el ambiente y la habitabilidad natural de todas las especies (MEA, 2005) (incluyendo a los seres humanos), y actualmente, se sabe que el cambio climático tendrá fuertes implicaciones sobre el ambiente y por tanto sobre la habitabilidad humana (IPCC, 2014; 2018). Los procesos de cómo va sucediendo esta pérdida de la habitabilidad es lo que debemos entender con mayor detalle. Una manera de entenderlo es a partir del reconocimiento de que los recursos son limitados y que los requerimientos de las distintas especies varían. En este apartado, nos enfocaremos en dos de los principales recursos de los que toda la vida depende, incluidos los seres humanos: el agua y el alimento.

El ciclo del agua se está viendo afectado por el calentamiento global a través de alterar la cantidad, distribución, tiempo y calidad del agua disponible (Kundzewicz et al., 2018). Un clima más cálido hace que se evapore más agua de los océanos y una atmósfera más cálida puede contener más agua, provocando un aumento del efecto invernadero de la atmósfera y calentando todavía más el sistema (Alshawaf, Balidakis, Dick, Heise, & Wickert, 2017). En áreas cuyo suministro de agua superficial durante los meses cálidos depende del derretimiento gradual de la capa de nieve, el clima más cálido significa flujos más bajos y mayor estrés hídrico en verano.

En general, lo que se proyecta es que las áreas húmedas se vuelvan más húmedas y las áreas secas más secas, lo que ejercerá una presión adicional sobre diversos ecosistemas, así como sobre los sistemas sobreexplotados de agua para uso humano (Flörke, Schneider, & McDonald, 2018; Zubaidi et al., 2020). Conforme la temperatura del agua aumente en arroyos, lagos y embalses, se registrarán niveles más bajos de oxígeno disuelto en el agua (Danladi Bello, Hashim, & Mohd Haniffah, 2017), y esta situación tendrá como consecuencia más estrés en los animales acuáticos (vertebrados e invertebrados) que dependen del oxígeno y que son parte de la dieta de otras especies. Las simulaciones también sugieren que las precipitaciones se van a modificar (Fick & Hijmans

2017) y a medida que ocurran precipitaciones cada vez más intensas, aumentará la escorrentía en ciertas regiones que llevará más contaminación orgánica e inorgánica a nuestras vías fluviales: sedimentos, nitrógeno (agricultura), patógenos, pesticidas y herbicidas (Eekhout, Hunink, Terink, & Vente, 2018). Finalmente, la carga de contaminación en arroyos y ríos llegará a cuerpos de agua más grandes aguas abajo (lagos, estuarios y el océano costero) provocando la proliferación de algas y bacterias dañinas para el equilibrio ecosistémico (Xia et al., 2019).

El segundo recurso más importante para la vida afectado por el calentamiento global es y será, el alimento. La producción de alimento agrícola puede verse afectada por cambios en el clima de manera directa y también de manera indirecta. De manera directa a través del aumento de la temperatura y cambios en los patrones de precipitación que modifican la aptitud climática de ciertas regiones geográficas para ciertas especies de cultivo. Estos cambios proyectan que habrá un mayor estrés hídrico y térmico (Field et al., 2014, del Pozo et al., 2016) que resultará en una reducción de la producción total. De manera indirecta, el cambio climático tendrá un impacto en la producción de alimento para el ser humano a través de un mayor número de plagas y enfermedades (Bebber, Ramotowski, & Gurr, 2013) y de la pérdida de servicios ecosistémicos como la polinización (Settele, Bishop, & Potts, 2016) y el control biológico de plagas (Feit et al., 2021). Se tiene evidencia de que las plagas han cambiado su distribución en las últimas décadas a causa de cambios en la temperatura (Bebber et al., 2013). Si la tendencia climática continúa como hasta ahora, las especies plaga seguirán colonizando nuevas áreas agrícolas que no están preparadas para recibirlas.

En cuanto a los servicios ecosistémicos que nos proporcionan las especies, existen dos que están muy relacionados con la producción de alimento: la polinización y el control biológico de plagas (Settele et al., 2016, Feit et al., 2021). A nivel mundial, el 75% de los cultivos que producen frutos o semillas para el consumo humano, dependen de los polinizadores (abejas, avispas, hormigas, moscas, mosquitos, mariposas, polillas, escarabajos, varios pájaros y mamíferos) (Decourtye, Alaux, Le Conte, & Henry, 2019). Las abejas son los polinizadores más importantes del mundo y actualmente sus poblaciones están decreciendo con una tasa del 30% anual a causa del cambio climático y el cambio de uso de suelo (Raven & Wagner, 2021). El control biológico de plagas también es un servicio que estamos perdiendo por cambios en las condiciones climáticas por desincronización fenológica, cambios en el comportamiento, cambios en la estructura poblacional entre otros (Feit et al., 2021). En la vida silvestre, son estos mismos cambios los que están provocando y provocarán modificaciones en la cadena trófica y por tanto en el alimento para millones de especies.

De continuar disminuyendo las poblaciones de polinizadores, el costo de nuestras frutas y verduras podría aumentar significativamente al requerir polinización automatizada o manual, los cultivos nutritivos serán sustituidos cada vez más por cultivos básicos como arroz, maíz y papas, lo que resultará en una dieta desequilibrada, de menor calidad y cantidad. La producción de alimento es también un área fundamental para la habitabilidad humana en la Tierra. Si no se produce suficiente alimento se reducen las probabilidades de subsistencia de nuestra especie. Hasta el momento, la producción de alimento es suficiente para abastecer a la población mundial, pero se siguen muriendo de hambre millones de personas. El alimento no está llegando a todas las personas, y si llega es poco accesible. Esta situación puede empeorar en condiciones de cambio climático, porque si se reduce la producción, será más difícil todavía hacer llegar el alimento a las personas más vulnerables económicamente. Por tanto, uno de los retos principales en condiciones de cambio climático, es mantener o incrementar el rendimiento para que no disminuya la producción, que haya una distribución más justa del alimento y evitar un aumento excesivo del área agrícola y ganadera para que el cambio de uso de suelo no siga reatroalimentando la disrupción del sistema climático y rediciendo la habitabilidad humana.

4. La habitabilidad y la sociedad

Actualmente, el cambio climático ya no es un tema nada más de ciencia sino de política global, al igual que debería serlo la habitabilidad humana y terrestre. La gobernanza es un sistema mediante el cual las entidades son dirigidas y controladas. Este sistema se ocupa de la estructura y los procesos para la toma de decisiones, la rendición de cuentas, el control y el comportamiento en la parte superior de una entidad. La gobernanza influye en cómo se establecen y logran los objetivos de una organización, cómo se monitorea y aborda el riesgo, y cómo se optimiza el desempeño.

Durante décadas los gobiernos de diferentes países han intentado crear tratados internacionales que se enfoquen en hacer cumplir con cuotas de emisiones de gases de efecto invernadero, y en aumentar la conciencia de la población sobre el cambio climático y lo que cada persona contribuye a este fenómeno con sus decisiones. Sin embargo, el tiempo y las emisiones avanzan, por lo que parece que todavía queda un largo camino que recorrer. Necesitamos llegar a consensos internacionales que prioricen la habitabilidad humana y terrestre sobre el crecimiento económico. Además, el crecimiento económico no implica necesariamente bienestar social. Existen alternativas que incrementan el bienestar social, que son más ambientalmente amigables y que no necesariamente tienen un vínculo estrecho con el PIB (Wiedmann Lenzen, Keyßer, & Steinberger, 2020). Lograr cambios y éxitos en este reto, depende de la participación no sólo de los gobiernos de todo el mundo, sino también de todos los actores no gubernamentales, que puedan ayudar a la toma de conciencia generalizada, para emprender acciones climáticas locales y efectivas.

Sin embargo, hay otros retos que se deben abordar y solucionar antes, por ejemplo, al estudiar los efectos en las percepciones del cambio climático, que tienen la raza, el origen étnico, el nivel socioeconómico (educación e ingresos) y el género, se ha encontrado que cada uno de estos factores pueden moldear de forma independiente y sistemática, las actitudes y creencias de las personas sobre el cambio climático, y las motivaciones para abordarlo. Además, se ha encontrado que estos 4 factores a menudo interactúan con la orientación política (ideología y afiliación partidista), lo que conlleva a que las percepciones de riesgo y las creencias sobre el cambio climático estén menos polarizadas para los grupos desfavorecidos que para los miembros de grupos favorecidos y por ende menos vulnerables (Pearson, Ballew, Naiman, & Schuldt, 2017).

El riesgo al cambio climático es resultado de diversos factores, tales como la edad, el género, la geografía, etnia y clase social. Por ejemplo, las comunidades pobres presentan un acceso limitado a recursos y servicios que les vuelven menos resilientes a cambios en el clima y con menor capacidad adaptativa. En estas comunidades, las mujeres se ven particularmente afectadas, pues representan aproximadamente el 70% de los pobres y también enfrentan desigualdades de género (falta de acceso a recursos como la tierra, el crédito y la capacitación; mayor dependencia a los recursos naturales; mayores responsabilidades de cuidado dentro del hogar; una limitada participación en la toma de decisiones; etc.) que el cambio climático tiende a exacerbar (Agostino, 2010). Tomando en cuenta esta situación, debemos comprender que la participación pública en la política de cambio climático requiere atender los problemas sociales que generan riesgo, para después buscar una comprensión más clara de dicho fenómeno y su problemática. Tener una sociedad más informada va a facilitar alcanzar objetivos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Salehi, Nejad, Mahmoudi, & Knierim, 2015).

Con la verdadera voluntad e intención de que sea efectiva la lucha contra el cambio climático, se necesita una educación proactiva y de calidad, que al mismo tiempo, dé también batalla a la injusticia social, para evitar la discriminación (empezando por la discriminación de género que afecta a la mitad de la población humana) (Pearse, 2017). Las mujeres, por el tipo de actividades que realizan en el hogar, pueden tener un papel destacado y protagónico en este ámbito y, por tanto, constituir un grupo de gran potencial para apoyar políticas de adaptación al cambio climático (Salehi et al., 2015).

5. Crecimiento poblacional, sustentabilidad y habitabilidad

El crecimiento poblacional por sí sólo, no es el principal problema en la problemática climático-ambiental actual, pues consideramos que comparte un peso similar al de la baja sustentabilidad

humana, por lo que es la combinación de ambos el motor de esta afectación a la habitabilidad terrestre.

La humanidad tiene la capacidad de generar habitabilidad semi-artificial, cuando adaptamos el entorno a nuestras necesidades, o cuando nos adaptamos 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). Gracias a esta capacidad de dominar o modificar el entorno, o de producir los dispositivos, herramientas y materiales que nos permiten adaptarnos a diversas condiciones y lugares, nos hemos establecido como una especie cosmopolita dominante. En el último siglo, hemos elevado exponencialmente el tamaño de nuestra población (Ehrlich & Ehrlich, 1990; McKee, Sciulli, Fooce, & Waite, 2004).

El crecimiento poblacional desbocado o exponencial representa un problema ecológico para todas las especies, porque se pierde el equilibrio del ambiente en el que se encuentra (normalmente al agotar ciertos recursos) y conlleva a la extinción de una o varias poblaciones (e incluso especies) (Smith, Smith, & Waters, 2012). A lo largo de millones de años, las especies y el ambiente han encontrado y desarrollado un equilibrio. El problema del crecimiento poblacional humano es que no se equilibra directamente con el ambiente sino principalmente con una serie de factores socioeconómicos entre los que se encuentran el sistema financiero basado en la deuda, la pobreza, el cambio cultural, la salud, la educación, la reducción de la jornada laboral y el empleo, la innovación y la tecnología, etc., y también de ellos depende el grado de sustentabilidad humana (Dolter, B. & Victor, 2017).

Como consecuencia de nuestra poca sostenibilidad (Nowak & Sigmund, 2005; Rand et al., 2012), la humanidad tiene huellas de carbono y ecológica que sobrepasan límites planetarios teóricos (Rockström et al., 2009). Hemos excediendo la biocapacidad de nuestra finita biósfera (Cohen, 1995; MEA, 2005; WWF, 2018).

Necesitamos alertar con más contundencia la crisis climática y su efecto en la pérdida de habitabilidad. Las naciones del mundo deben reducir significativamente las emisiones de carbono y la degradación ambiental antes de tener que llegar a medidas extremas y peligrosas para sobrevivir como podrían ser la Geoingeniería, la Colonización y la Terraformación Planetarias (Orwig, 2018; Billings, L. 2019). Aun cuando estas opciones nos puedan permitir recuperar parte de la habitabilidad terrestre humana y generar habitabilidad en el espacio, lunas o planetas cercanos,

queda claro que nunca podrán igualar estas opciones a la alcanzable y preferible, sustentabilidad ecoclimática.

Finalmente, la pérdida masiva de biodiversidad podría provocar una catástrofe ecológica que impida la habitabilidad humana (Cardinale et al., 2012). Por tanto, atender la preservación de las especies en el planeta es atender nuestra misma preservación como especie (Watson, 2016). En este caso el uso de la gobernanza es imprescindible para para estudiar, proteger y restaurar, la habitabilidad terrestre y humana a través de tratados internacionales.

En estos pactos, protocolos, convenciones, etc., debemos lograr comprender y atacar las causas fundamentales de aquellos problemas que incentivan el cambio climático antrópico y que al mismo vulneran a la humanidad ante él. Estos problemas son el aumento de la pobreza, el deterioro ambiental, la violencia comunitaria, la desigualdad, la discriminación, etc., y sus causas se pueden encontrar en este sistema socioeconómico en el cual vivimos, y que se basa en la sobreproducción y el sobreconsumo para algunos, y en el subconsumo y en condiciones inadecuadas de producción para la gran mayoría. Como parte de la estrategia de cambio mental y social en estos pactos, debemos considerar las decisiones sobre cuánto producir, cuánto consumir y establecer límites tanto a la producción como al consumo, e incentivar el uso y reciclaje de fuentes de energía, así como el desarrollo de tecnologías verdaderamente limpias, que requieran cada vez menos combustibles fósiles para su producción y funcionamiento (Agostino, 2010). También es fundamental, proponer actividades para promover la educación ambiental, y la comprensión de las políticas de mitigación y adaptación frente al cambio climático, para aumentar el nivel de conocimiento de la humanidad.

6. Conclusiones

Desarrollar una definición exacta y universal sobre la habitabilidad es muy complicado porque depende de la disciplina a través de la que se estudie. Sin embargo, cualquiera de las definiciones que se utilicen, permite la identificación de retos y la búsqueda de soluciones políticas, económicas y sociales. Como humanidad debemos cambiar nuestra percepción de bienestar, a un bienestar que sea más respetuoso con las demás personas y nuestro entorno ambiental incluidas las especies con las que coexistimos en el planeta. Dada la crisis sanitaria actual que está relacionada a su vez con una mayor degradación ambiental (O'Callaghan-Gordo, & Antó, 2020), la humanidad se está replanteando estilos de vida (Hüppauff, Richter, & Hunecke, 2020). Estos meses de reflexión que nos ha traído el confinamiento pudiera ser una buena oportunidad para proponer nuevos protocolos, tratados y organismos internacionales, enfocados en estudiar, restaurar y proteger la habitabilidad terrestre y humana.

Este libro y los capítulos que contiene, pretenden informar y hacer reflexionar a todos los estratos de la sociedad, sobre un marco conceptual de cómo abordar la crisis ambiental a través de los conceptos de habitabilidad. Estos conceptos engloban y entrelazan diferentes crisis sociales y ambientales. Nosotros destacamos la crisis climática. Como medida drástica, no podemos descartar la posibilidad de expandirnos más allá de la Tierra (viviendo, trabajando y viajando, en el espacio interplanetario e interestelar, colonizando y terraformando, otros planetas y lunas). Quizá estas opciones nos brinden un mayor tiempo, desarrollo social, emocional, científico y tecnológico, para comprender nuestro papel en la naturaleza y en nuestro entorno galáctico, y nuestras capacidades como organismo biológico con gran capacidad intelectual. En Latinoamérica esto aún nos parece ficción científica, sin embargo, algunos países desarrollados están considerando seriamente estás opciones, y eso es algo que de no tomarlo en cuenta, así como pasa con el cambio climático y el desarrollo tecnológico, nos dejará nuevamente rezagados, esperando que los países líderes en estos temas, quieran compartir con nosotros sus avances y soluciones.

7. Agradecimientos

A Citlalli Millán por su invaluable apoyo en la revisión del idioma inglés en la sección del abstract.

Referencias

Abramov, O., & Mojzsis, S. J. (2009). Microbial habitability of the Hadean Earth during the late heavy bombardment. *Nature*, *459*(7245), 419.

Agostino, A. (2010). Gender equality, climate change and education for sustainability. *Equals Newsletter*, *24*, 1-3.

Alshawaf, F., Balidakis, K., Dick, G., Heise, S., & Wickert, J. (2017). Estimating trends in atmospheric water vapor and temperature time series over Germany. *Atmospheric Measurement Techniques*, *10*(9), 3117-3132.

Bebber, D. P., Ramotowski, M. A., & Gurr, S. J. (2013). Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature climate change*, *3*(11), 985-988.

Billings, L. (2019). Should humans colonize mars? No. *Theology and Science*, *17*(3), 341-346.

Blank, J. G., Roush, T. L., Stoker, C. L., Colaprete, A., Datta, S., Wong, U., ... & Parness, A. (2018, December). Planetary Caves as Astrobiology Targets. In *AGU Fall Meeting 2018*. AGU.

Bostrom, N., & Cirkovic, M. M. (Eds.). (2011). *Global catastrophic risks*. Oxford University Press.

Cairns, J. (2014). Threats to the biosphere: eight interactive global crises. *Journal of Cosmology*, *8*, 1906-1915.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., ... & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, *486*(7401), 59-67.

Cervantes-Núñez, S. & Gay-García, C. (2019). La Habitabilidad Humana ante el Cambio Climático Antrópico. *En ¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y visiones sobre el Reporte Especial del IPCC.* Rueda Abad, J.C. y Gay García, C (Ed.). Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México.

Cervantes-Núñez, S., Challenger, A., Hernández, C., Gay, C., Ordóñez, M. J., Ordóñez, J. A. B.…Rodríguez, M. T. (2015). Ecosistemas de México. *En Gay, C., J. C. Rueda, B. Ortiz, N. P. Muñoz y M. Lebail (Coords.) Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo 2 Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación.* Programa de Investigación en Cambio Climático UNAM, México. 121-148p.

Chan, M. A., Hinman, N. W., Potter-McIntyre, S. L., Schubert, K. E., Gillams, R. J., Awramik, S. M., ... & Jia, T. Z. (2019). Deciphering biosignatures in planetary contexts. *Astrobiology*, *19*(9), 1075-1102.

Cockell, C. S., Stevens, A. H., & Prescott, R. (2019). Habitability is a binary property. *Nature Astronomy*, *3*(11), 956-957.

Cohen, J. E. (1995). Population growth and earth's human carrying capacity. *Science*, *269*(5222), 341-346.

Danladi Bello, A. A., Hashim, N. B., & Mohd Haniffah, M. R. (2017). Predicting impact of climate change on water temperature and dissolved oxygen in tropical rivers. *Climate*, *5*(3), 58.

Decourtye, A., Alaux, C., Le Conte, Y., & Henry, M. (2019). Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science. *Current opinion in insect science*, *35*, 123-131.

del Pozo, A., Yáñez, A., Matus, I. A., Tapia, G., Castillo, D., Sanchez-Jardón, L., & Araus, J. L. (2016). Physiological traits associated with wheat yield potential and performance under water-stress in a Mediterranean environment. *Frontiers in plant science*, *7*, 987.

Dolter, B., & Victor, P. A. (2017). From growth to sustainability. In *Handbook on Growth and Sustainability*. Edward Elgar Publishing.

Duda, J. P., & Reitner, J. (2016). Early life processes: A geo-and astrobiological approach. *International Journal of Astrobiology*, *15*(3), 161-163.

Eekhout, J. P., Hunink, J. E., Terink, W., & Vente, J. D. (2018). Why increased extreme precipitation under climate change negatively affects water security. *Hydrology and Earth System Sciences*, *22*(11), 5935-5946.

Ehrlich, P. R., & Ehrlich, A. H. (1990). The population explosion. Simon and Schuster (Eds), NewYork, pp. 320.

Feit, B., Blüthgen, N., Daouti, E., Straub, C., Traugott, M., & Jonsson, M. (2021). Landscape complexity promotes resilience of biological pest control to climate change. *Proceedings of the Royal Society B*, *288*(1951), 20210547.

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, *37*(12), 4302-4315.

Field, C. B., Barros, V. R. Dokken, D. Mach, K. Mastrandrea, M. Bilir, T., & White, L. (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, Cambridge: Cambridge University Press.

Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*, *68*(3), 643-653.

Flörke, M., Schneider, C., & McDonald, R. I. (2018). Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. *Nature Sustainability*, *1*(1), 51-58.

Global Challenges Foundation. (2014). *Risk Survey: The Pulse of International Sentiment.* Norrsken House, Stockholm, Sweden. http://globalchallenges.org/globalsurvey

Guyon, O., Mazin, B., Fitzgerald, M., Mawet, D., Marois, C., Skemer, A., ... & Males, J. (2018, July). Wavefront control architecture and expected performance for the TMT Planetary Systems Imager. In *Adaptive Optics Systems VI* (Vol. 10703, p. 107030Z). International Society for Optics and Photonics.

Hoehler, T. M., Amend, J. P., & Shock, E. L. (2007). A "follow the energy" approach for astrobiology. *Astrobiology*, *7*(6), 819-823.

Hüppauff, T. L., Richter, N., & Hunecke, M. (2021). Heavy Crisis, New Perspectives? Investigating the role of Consumption, Time Wealth and Meaning Construction during countrywide Covid-19 lockdown in Germany.

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. Recuperado de https://www.ipcc.ch/sr15/

Javaux, E. J., & Dehant, V. (2010). Habitability: from stars to cells. *The Astronomy and Astrophysics Review*, *18*(3), 383-416.

Kaku, M. (1999). *Visions: How science will revolutionize the 21st century*. Oxford Paperbacks.

Kundzewicz, Z. W., Krysanova, V., Benestad, R. E., Hov, Ø., Piniewski, M., & Otto, I. M. (2018). Uncertainty in climate change impacts on water resources. *Environmental Science & Policy*, *79*, 1-8.

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.

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*.

Longo, G. M., Laporta, V., & Longo, S. (2019). New insights on prebiotic chemistry from plasma kinetics. *arXiv preprint arXiv:1912.00647*.

López-García, P. (2007). *Habitability: the point of view of a biologist*. In Lectures in Astrobiology (pp. 221-237). Springer Berlin Heidelberg.

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, B., y Gay, C. (2015). Introducción. *En Gay, C., J. C. Rueda y B. Martínez (Coords.) Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo 1 Bases científicas. Modelos y modelación.* Programa de Investigación en Cambio Climático UNAM, México. 13-22p.

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.

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.

Merino, N., Aronson, H. S., Bojanova, D. P., Feyhl-Buska, J., Wong, M. L., Zhang, S., & Giovannelli, D. (2019). Living at the Extremes: Extremophiles and the Limits of Life in a Planetary Context. *Frontiers in microbiology*, *10*, 780.

Montaner, J. M. (1997). *La modernidad superada: arquitectura, arte y pensamiento del siglo XX*. Barcelona: Gustavo Gili.

Moreno, C. (2002). Relaciones entre vivienda, ambiente y hábitat. *Medellín: Universidad Nacional de Colombia*, 202-230.

Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., ... & Purvis, A. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, *353*(6296), 288-291.

Newsom, B. D. (1972). Habitability factors in a rotating space station. *Space life sciences*, *3*(3), 192-197.

Nowak, M. A., & Sigmund, K. (2005). Evolution of indirect reciprocity. *Nature*, *437*(7063), 1291.

O'Callaghan-Gordo, C., & Antó, J. M. (2020). COVID-19: The disease of the anthropocene. *Environmental research*, *187*, 109683.

Orwig, J. (2018). 5 undeniable reasons humans need to colonize Mars—even though it's going to cost billions, Businessinsider, https://www.businessinsider.com/5-undeniable-reasons-why-humans-should-go-to-mars-2015-4 (accessed: September 2018).

Pearse, R. (2017). Gender and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *8*(2), e451.

Pearson, A. R., Ballew, M. T., Naiman, S., & Schuldt, J. P. (2017). Race, class, gender and climate change communication. In *Oxford research encyclopedia of climate science*.

Rand, D. G., Greene, J. D., & Nowak, M. A. (2012). Spontaneous giving and calculated greed. *Nature*, *489*(7416), 427.

Raven, P. H., & Wagner, D. L. (2021). Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(2).

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*.

Rushby, A. J., Johnson, M., Mills, B. J., Watson, A. J., & Claire, M. W. (2018). Long-term planetary habitability and the carbonate-silicate cycle. *Astrobiology*, *18*(5), 469-480.

Salehi, S., Nejad, Z. P., Mahmoudi, H., & Knierim, A. (2015, May). Gender, responsible citizenship and global climate change. In *Women's Studies International Forum* (Vol. 50, pp. 30-36). Pergamon.

Settele, J., Bishop, J., & Potts, S. G. (2016). Climate change impacts on pollination. *Nature Plants*, *2*(7), 1-3.

Shock, E. L., & Holland, M. E. (2007). Quantitative habitability. *Astrobiology*, *7*(6), 839-851.

Smith, T. M., Smith, R. L., & Waters, I. (2012). *Elements of ecology* (p. 736). San Francisco: Benjamin Cummings.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223).

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.

Venter, O., Sanderson, E. W., Magrach, A., Allan, J. R., Beher, J., Jones, K. R., ... & Watson, J. E. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature communications*, *7*(1), 1-11.

Watson, J. E., Shanahan, D. F., Di Marco, M., Allan, J., Laurance, W. F., Sanderson, E. W., ... & Venter, O. (2016). Catastrophic declines in wilderness areas undermine global environment targets. *Current Biology*, *26*(21), 2929-2934.

Wiedmann, T., Lenzen, M., Keyßer, L. T., & Steinberger, J. K. (2020). Scientists' warning on affluence. *Nature communications*, *11*(1), 1-10.

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. (2018). *Informe Planeta Vivo - 2018: Apuntando más alto.* Grooten, M. y Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Suiza.

Xia, R., Zhang, Y., Wang, G., Zhang, Y., Dou, M., Hou, X., ... & Yang, Z. (2019). Multi-factor identification and modelling analyses for managing large river algal blooms. *Environmental Pollution*, *254*, 113056.

Zubaidi, S. L., Hashim, K., Ethaib, S., Al-Bdairi, N. S. S., Al-Bugharbee, H., & Gharghan, S. K. (2020). A novel methodology to predict monthly municipal water demand based on weather variables scenario. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*.

CAPÍTULO 2

ECOÉTICA, CRISIS AMBIENTAL Y ECONOMÍA: la necesidad de ir más allá de la sustentabilidad

Ganem A.[1]

[1] Maestro en Filosofía de la Ciencia (UNAM), especialista en Historia del Pensamiento Económico (UNAM), y licenciado en Estudios Latinoamericanos (UNAM). Doctorante en Filosofía Contemporánea (BUAP). Docente de asignatura en la UACM y en el Colegio Hebreo Tarbut alexanderganem@outlook.com

Para mi amada Marshiari Medina

Resumen:

En el texto se establece la relación indisoluble entre crisis ambiental y economía. Se defiende que el marco normativo vigente en economía, conduce a prácticas destinadas a profundizar los procesos de una mayor destrucción ambiental, A la vez, se propone una alternativa ecoética frente a la sustentabilidad y sus correcciones menores.

Palabras clave: Crisis ambiental; sustentabilidad; economía; modernidad capitalista; ecoética.

Abstract:

In the text, the indissoluble relationship between environmental crisis and economy is established. It is argued that the current regulatory framework in economics leads to practices aimed at deepening processes of greater environmental destruction. At the same time, an ecoethical alternative is proposed, in the face of economic sustainability and its minor corrections.

Key words: environmental crisis; sustainability; economy; capitalist modernity; ecoethics.

Introducción

La crisis ambiental contemporánea es y será el factor determinante de las posibilidades de realización de la *praxis* económica vigente (o de cualquier otra) de ahora en más, y ello en un nivel de peligro (y no solo riesgo) global sin precedentes en la historia humana, muy lejos del camino celebratoriamente eufemístico de las "correcciones menores" habituales en el discurso económico y sus desplazamientos hacia una retórica ecologista, como la avanzada tras el concepto de sustentabilidad.

Atrincherada como está en su versión hegemónica o *standard*, en un marco conceptual basado en la suposición realista del cálculo de utilidad, la ciencia económica se resguarda (incluso desde sus modernos orígenes), en una lógica de producción de la naturaleza como ausencia, siendo este un rasgo esencial de su desdoblamiento ideológico. El significado de los conceptos de la ciencia económica, así como su modo de concebir y prefigurar apropiaciones concretas del mundo, dependen de dicho marco conceptual, y en el caso de lo que se propone en este ensayo, la revisión del concepto de "sustentabilidad" permite clarificar que, sometido al análisis de sus supuestos (ontológicos, epistémicos y éticos), no es más que una pervivencia de la teleología del crecimiento y el desarrollo económicos, conceptos ambos que son deudores del ideal de Progreso decimonónico.

1. Sustentabilidad y eufemística económica

¿En qué medida es viable (en términos de asegurar la habitabilidad plantearía en el futuro) el proyecto económico de la civilización occidental, tal cual aparece, aparentemente redefinido, en el concepto de *sustentabilidad* del ya canónico informe Bruntland[1] y sus reediciones posteriores? ¿Es acaso que cuando se habla de sustentabilidad, como todo parece indicar, se asumen los mismos compromisos que el marco normativo del crecimiento y el desarrollo económicos ya suponían? Si la respuesta a esta última pregunta es afirmativa, entonces, ¿cómo es posible seguir hablando de la sustentabilidad como si de un nuevo horizonte de visibilidad de nuestras relaciones cognitivas y pragmáticas con el *mundo natural* se tratase, mientras en los hechos, tal horizonte se exhibe como ocultamiento ideologizante de la continuidad destructiva plena de nuestras actuales modalidades de existencia, para que ellas puedan preservarse, con *correcciones menores*, hasta el infinito? ¿Será que detrás del concepto de sustentabilidad no hay otra cosa, diría quizás Feenberg (2012), que la timidez económica y el aventurerismo ecológico?

El concepto de sustentabilidad se presenta como la respuesta política y económicamente adecuada al tema de la crisis ambiental. Tal crisis no es un mero accidente o epifenómeno en el curso del progreso civilizatorio, como pareciera presentarlo el discurso sobre la sustentabilidad con su profusa retórica eufemística; por el contrario, ella forma parte del proceso de despliegue del sistema global en expansión, que en su dimensión económico-instrumental, tiene su expresión en las lógicas mancomunadas de la valorización del valor y el cálculo de utilidad, ante las cuales, la destrucción "creativa" de la naturaleza, en su forma de *input* (recurso) destinado a aliviar

1 Publicado en 1987, fue conocido bajo el título de *Nuestra casa común*, para ser entregado a la *World Comission on Environment and Development.* Según Toledo (2018), en este informe, y en ello radica su importancia, la noción de crecimiento dejó de presentarse como la responsable de la crisis ecológica, tal como lo habían señalado en los años 70 tanto el Club de Roma como los convocados a la primera Cumbre de la Tierra.

necesidades (esencialmente infinitas), se justifica como un fin racional en sí mismo[2]. Es en este *locus* situacional que vivimos un momento de agudización de lo que para algunos es ya una catástrofe sin retorno a nivel planetario, situación impensable en los albores de la modernidad, cuando en las postrimerías del mercantilismo, la "natura" parecía infinita y apropiable libremente para el colonizador occidental mediante el trabajo (como en los clásicos planteamientos de Locke).

Esta agudización catastrófica de las problemáticas ambientales, contiene un elemento técnico que está en el centro de su grave "novedad". A la concepción típica de la catástrofe natural, asociada a la oposición entre los elementos de la dicotomía sociedad-naturaleza, sobreviene la disolución de la misma por vía de la emergencia de la ontología tecnocientífica, que *extiende* lo natural dominable a dimensiones anteriormente impensadas gracias a la ingeniería genética, las biotecnologías, la nanotecnología, entre otras tecnociencias (Linares, 2008, 2018; Echeverría, 2007; Feenberg, 2012), permitiendo modificar la materia y la propia estructura de la vida. Tales novedosas emergencias técnicas, son una manifestación en la materialización productiva de la episteme económica y su concepto de naturaleza. Así, en cuanto concepto sometido a la historicidad (como dijera Eduardo Lazcano), la *naturaleza*, va a dejar de ser la sola (que no simple) alusión a la manifestación privilegiada de una exterioridad amenazante y racionalizable/dominable, con la que nos relacionamos en términos de escasez constitutiva, para redefinirse en cuanto objeto de explotación a niveles biológicos impensados. Las categorías tecnocientíficas asociadas al concepto de naturaleza, expresan una relación de subsunción *in extremis* de la totalidad biótica humana (y ya no solo de lo no humano) a la economía y su paradigma de cosificación productivista, pare el que el humano aparece como el objeto central del desmesurado proyecto de transmutación ontológica del mundo que es, en verdad, la tecnociencia (Linares, 2008; 2018).

En este contexto, de una cada vez más compleja imbricación sistémica asociada a los nuevos medios técnico-productivos de creación acelerada de valor económico, la crisis ambiental nos presenta un reto mayúsculo: el de la necesidad de contar con categorías adecuadas para estar en capacidad de llevar a cabo la evaluación ética de la crisis (Linares, 2018; Attfield, 2012; Echeverría, 2007). Tales categorías están ausentes en el concepto de "sustentabilidad", limitado como está por los supuestos de un marco normativo que abraza el cálculo de utilidad como su *locus* metafísico paradigmático (O'Connor, 2000). *Locus* que, por otro lado, es base fundante de las ya viejas concepciones de "desarrollo" y "crecimiento" (Granda, 2006).

---

2 En última instancia, nuestra argumentación atiende a la vieja idea, expuesta en la tradición de la crítica de la economía política, de que el capital se oculta a sí mismo en su despliegue, constituyendo el discurso de la sustentabilidad una fase de ocultamiento ideológico de la dimensión de la crisis sistémica ambiental que se despliega en el capitalismo tardío.

En un sentido, podemos afirmar que se ha generado una discrepancia notoria entre el despliegue de la crisis ambiental y nuestra conciencia ética, pues aquélla ha rebasado, en verdad, nuestra mitificada capacidad de control y de comprensión de lo que hemos sido capaces de generar. Ante el despliegue de la crisis ambiental y los desarrollos técnicos que le acompañan, nos encontramos sin un aparato reflexivo para evaluar las dimensiones éticas, biológicas y sociales relativas a fenómenos que suelen manifestarse rebasándonos. Se trata de un marcado desfase, que se torna aún más grave en sociedades estructuralmente empobrecidas como las del llamado Tercer Mundo, donde aún hay problemas en torno a la vigencia de la noción misma de ciudadanía y en las que ni siquiera están cubiertas las necesidades básicas vitales de la población, pero en las que estructuralmente se están comprometiendo recursos naturales (incluso aquellos todavía no existentes) bajo la égida de la lógica productivista de la globalización y del poderío tecnológico trasnacional (Alimonda, 2006), y ello al amparo de la sustentabilidad (Toledo, 2018).

De aquí que sea necesario realizar una reflexión sobre los medios, finalidades y circunstancias que nos guíen en este escenario de riesgo mayor para la vida en su conjunto (Linares, 2008; 2018) y dicha tarea, pasa necesariamente por una evaluación profunda de aquello que hoy por hoy aparece como la respuesta a la crisis, la sustentabilidad (Toledo, 2018). Uno de los aspectos de esta evaluación toca necesariamente el campo de la crítica axiológica de la sustentabilidad. En este sentido, es una tarea ineludible la de proponer una ética para hacer frente a la crisis ambiental, a la que aquí llamaremos ecoética[3], pues se presenta como un necesario punto de partida y encare de las divagaciones apologéticas del productivismo capitalista contenidas en el concepto de sustentabilidad (o desarrollo concepto sustentable, en su formulación más claramente economicista) y su ocultamiento de la reproducción económica vigente, fundada en las múltiples y violentas desposesiones de la riqueza natural y social en su conjunto (O'Connor, 2000).

Por ahora, baste anotar que el concepto de ecoética, que se reconoce como deudor de las líneas abiertas por la investigación en el campo de la ética ambiental, se encuentra especialmente cerca de la síntesis ecosófica, que hace una crítica del instrumentalismo ambientalista para promover una visión holística del ambiente, visto como totalidad orgánica, intentando superar la visión asociada a dicotomías tales como humanidad-naturaleza, naturaleza-sociedad. Es de particular interés la síntesis presentada por Gómez (2010a), pues incluye el principio de la complejidad como parte del análisis situacional de la totalidad orgánica. De acuerdo con este autor, la ecosofía es "una teoría epistemológica que revisa, desde una perspectiva filosófica, los argumentos [del] 'Movimiento

3 Nos ocuparemos de sus contenidos en la última parte de este artículo. Se ha preferido este término y no el de *bioética* por la variable cantidad de definiciones que tiene esta última, y entre las que destaca su notable cercanía a la discusión ética de las prácticas en el campo biomédico. En nuestro caso, el concepto de ecoética se deriva de aquel otro de ética ambiental, impulsado fundamentalmente desde la academia anglosajona (Marcos, 2001).

radical ecologista', el cual surgió de la fusión entre los 'ecologistas profundos' y el 'movimiento ecologista social', a partir de 1987" (Gómez, 2010a, p. 5). Además, en su formulación, la "teoría [ecosófica] tiene un alcance económico que implica sustituir la economía de libre mercado por una economía que tenga como supuesto ético 'la supervivencia de la vida humana y de la naturaleza'" (Gómez, 2010a, p.5).

La pertinencia de una propuesta de tal naturaleza acaece en un entorno económico definido por la preeminencia de la lógica del valor que se valoriza a nivel global, en su fase más destructiva, la cual se asocia a un marco normativo que, como sostiene Gómez (2014), eleva al supuesto ontológico de la escasez de *inputs* de la naturaleza a un lugar fundamental, justificando (lógicamente) con ello la competencia irrestricta (y violenta) por dichos medios escasos. Sobra decir que la lógica económica vigente, cuyo marco normativo es el de la teoría económica neoclásica, ha convertido sus fines pragmáticos en fines primarios e impostergables, desplazando a toda otra clase de finalidades que no responden directamente a la presión del reino de la necesidad económica (Linares, 2008). Esta lógica, si tienen razón todos aquellos que desde hace más de un siglo se han ocupado de estudiarla, no puede funcionar "indefinidamente", pues va provocando, en su larga marcha, la degradación paulatina del planeta junto con la pauperización masiva de sus habitantes, el aumento exponencial de las desigualdades y la "deshumanización de la humanidad" (Harvey, 2014, p. 117).

2. Economía como irracionalidad de lo racionalizado

En esta sección se enuncian una serie de problemas referidos a la legitimidad irracional de lo racionalizado como economía. Es decir, al *status* irracional de un modelo económico racionalizado que dota de sentido lineal positivo (Progreso/desarrollo/sustentabilidad) a los procesos de producción de *inputs* de la naturaleza, que, parafraseando a Schumpeter, bien pueden denominarse como de 'destrucción destructiva'.

Asociado al concepto de "sustentabilidad", hay un concepto de racionalidad que atraviesa el arco histórico del desarrollo de la teoría económica. Tal concepto de racionalidad tiene una limitación básica, ya que acepta como dada e incuestionable la estructura mecanicista de la economía neoclásica o *standard*, cual si se tratase de una física social (Panico, Perrotini, Capraro, 2012). Dicha asunción, típicamente positivista, es constitutiva de una postura epistémicamente deficiente, ya que, en cuanto teoría, rechaza la necesidad de 1) encontrar correspondencia con el mundo realmente observable, 2) abarcar comprehensivamente los hechos conocidos pertenecientes a una clase particular de fenómenos y 3) eliminar componentes/elementos metafísicos de pseudo-explicación del fenómeno analizado (Panico et al. 2012). En este sentido, tal racionalidad, está fuertemente limitada para encarar la emergencia de los diversos y complejos problemas del presente, tales como el de la crisis ambiental, ya que se trata de un problema que requiere, por lo menos, del análisis empírico para su

comprensión, y no de argumentaciones abstractas y puro razonamiento, típicas de la racionalidad económica *standard* o neoclásica (Panico, 2012).

Tal racionalidad económica, según Smith (como se citó en Panico, 2012, p. 14) se corresponde con una serie de "teorías eclesiásticas" aceptadas/refutadas sobre una base que combina elementos de autoridad, tradición y evaluación subjetiva de su contenido, y no procesos rigurosos de verificación/falsificación replicables y controlables. A pesar de estos problemas (o precisamente gracias a tales rasgos problemáticos), y rebasando el derrotero del desarrollo de métodos analíticos y formales al interior de la teoría económica, la racionalidad económica ha devenido una *razón de fuerza mayor* que pervive en los diversos campos de la vida social y en nuestra relación con el ambiente natural. En muchos sentidos, esta racionalidad económica ha configurado las condiciones de la experiencia humana en la modernidad: representaciones, acciones y criterios de valoración. No por casualidad son elementos preponderantes de nuestra cultura aquellos asociados a la medición y el cálculo, la transformación y la instrumentalización, la cosificación y objetualización de las cosas en forma de mercancía y valor económico (O'Connor, 2000, 2001; Kovel, 2007; Gómez, 2014; Linares, 2018).

La racionalidad económica, pragmática y universalista, es predominante y subsume a otras racionalidades (teoréticas y contemplativas); se presenta como a) unilateralidad obligada por la "necesidad", imponiéndose sobre toda acción afirmativa contraria, b) negativa franca a toda dinámica dialógica, c) racionalizadora de lo irracional-productivista ilimitado que aparece como legítimo en sí mismo, d) indolente ante la verdad (p. e. del peso determinante que la crisis ambiental tendrá en la incidencia de nuevas pandemias), e) violenta si es necesario, f) subsumidora de individuos e instituciones a necesidades artificiales (Linares 2018).

Tal racionalidad económica, con todos su supuestos, axiomas, categorías y procedimientos, se autoimpone en calidad de *imperativo categórico* destinado a emplazar al humano a transformar/explorar el mundo de las cosas naturales (O'Connor, 2001). Este imperativo tiene serias implicaciones: 1) para todo X realizable económicamente, X está moralmente justificado y 2) para todo Y económicamente posible, Y está en camino de realizarse y debe materializarse. Este tono determinista, constitutivo de una racionalidad instrumental cargada de peligrosas tonalidades, no es gratuito y debe ser juzgado a luz de una visión histórica y sus tendencias manifiestas. Tales tendencias económico-políticas manifiestan la histórica e irrefrenable voluntad que tal racionalidad aplica sobre los diversos objetos que están/deben estar en el mundo. El "incremento" de la potencia de la racionalidad económica es el fin al que debe subordinarse toda otra condición/finalidad de la agencia humana, y tal potencia se manifiesta en la capacidad de transformación de la totalidad del mundo objetual en valor de cambio (Kovel, 2007; Leff, 2006, 2007; Fugamalli, 2010; Gómez, 2008, 2014; Linares, 2018).

Como se sugirió al comienzo, la crisis ambiental de nuestro tiempo suele ser vista como accidente, como lo que ha llegado a ser fortuitamente, una "externalidad" cuasi metafísica que en el campo de las variables económicas analizables no llega a alcanzar aún hoy la realidad necesaria. A pesar de las ya conocidas intervenciones sobre el carácter problemático y los riesgos que presenta la crisis ambiental global, en el curso del idealismo celebratorio que define a la historiografía del crecimiento y desarrollos económicos, no deja de trivializarse dicha crisis y pervive la imagen de la "naturaleza" como caja de herramientas y recursos de la productividad global, esto es, como valores de uso potencial (sean procesos y objetos) (O'Connor, 2001). El llamado mundo natural sigue siendo un ausente que únicamente se manifiesta como recurso (*inputs*) o como amenaza (accidente posible no sustancial o escasez constitutiva) (Ganem, 2020). Como es posible apreciar desde los discursos clásicos de la economía política, la "naturaleza" es invisibilizada por la cuasi teología del "trabajo", que aparece como la *verdadera* fuente de la riqueza social (Marx, 2000). En verdad, dentro de la modalidad economicista contemporánea, el ambiente no aparece como argumento de peso ante el mundo de la praxeología y el naturalismo económicos. Sin embargo, parece cada vez más claro que, en su estado crítico, la crisis ambiental es constitutiva de la ontología de nuestro presente, y que en ese revelarse como tal en la reflexión crítica y en la evidencia patente/latente, obliga al análisis de todas y cada una de las propiedades de la totalidad societal/global, incluyendo sus marcos normativos, en sus supuestos éticos, epistémicos y ontológicos (Gómez, 2010a).

Desde la perspectiva económica *standard*, el desarrollo *progresivo* de la historia natural y su determinación a través del ejercicio de un conocimiento cada vez más acabado y racional (en sentido baconiano podríamos decir), para confrontar las "resistencias" naturales ante la acción productivista moderna, es visto como un triunfo del racionalismo moderno, para el que una de sus mayores metas, como afirma una y otra vez Leff (2006), ha sido justo la del dominio de la "naturaleza", hasta integrarla en la dialéctica capital-naturaleza que podemos apreciar en el presente. Hoy, sin embargo, lo que se presentaba como un triunfo típicamente moderno, es visto con cada vez más frecuencia como un grave problema (no solo) ecológico, una consecuencia del complejo encadenamiento de acciones productivas de todo tipo sobre el planeta; sin embargo, y ello es notable, ante esta situación muy pocos son los que hablan de la necesidad de ir más allá de los correctivos "sustentables/sostenibles" y las "economías verdes", así como de los consabidos "desarrollos"/"crecimientos" que son su base lógica instrumental (lógica medio-fin), desde tiempos de Truman. Detrás de la aparente novedad de estos discursos "sustentables", sigue oculto el supuesto económico del crecimiento *ad infinitum,* así como el anhelo de una normatividad ética que permita mantener a la sociedad su dominio sobre la naturaleza en su combate contra la escasez constitutiva. Se trata del llamado *greenwashing* que busca disfrazar múltiples proyectos lucrativos, haciéndolos pasar por emprendimientos de promoción de bienestar humano global o local (Harvey, 2014, p. 175).

El más allá del "desarrollo sostenible", debe atender no sólo a la dimensión fenoménica de la crisis ambiental, sino también a su dimensión normativa, pues dicha crisis se ha producido dentro de específicas modalidades de conocimientos y prácticas subsumidas, quizá preponderantemente, por el racionalismo economicista. Así, podemos plantear que la crisis ambiental contemporánea, no puede ser vista en puros términos ecológicos y reducirse el planteamiento problemático de la cuestión a este solo rasero, sino que ella debe ser vista, al mismo tiempo, como una crisis del pensamiento y el entendimiento, de la epistemología, la ontología y la ética de los sistemas civilizatorios modernos.

En la preponderancia de la racionalidad técnica moderna y su manifiesto objetivo de dominio sobre los seres, entes y cosas que forman parte del mundo natural, ha imperado un modo de conocer/hacer productivista, esto es, generador de valor económico. Tal modalidad determina nuestro conocimiento de las relaciones/interdependencias entre procesos materiales y simbólicos, así como naturales y tecnológicos.

La crisis ambiental posibilita, en su análisis no meramente ecológico, la emergencia de una nueva racionalidad ambiental, emanada de lo que para algunos representa, en verdad, una crisis de comprensión del mundo (Leff, 2006, 2007; Löwy, 2012; González, 2017). Tal nueva racionalidad conllevaría nuevos códigos —y marcos normativos evidentemente, no solo éticos, sino también ontológicos y epistémicos—, que pueden encarar directamente algunos axiomas económicos fundamentales. Así, a) frente a la teleología del crecimiento exponencial y acumulativo se opone la idea del límite como materialidad geográfica (Bartra, 2006; Harvey, 2014; Boltvinik, 2015) e impronta epistemológica (Leff, 2006, 2007; González, 2017), b) frente a la cosificación del ambiente se opone la incompletitud del ser (Leff, 2006) y c) contra la epistemología economicista que tiende a subsumir e invisibilizar bajo la lógica del valor toda emergencia (Sousa, 2006), se opone necesariamente la perspectiva de la imposible totalización del conocimiento que avanza por complementariedades y no ya por incompatibilidades (Leff, 2006; González, 2017).

La racionalidad ambiental emergente, como parte de un principio que es a la vez precautorio y de responsabilidad, asumiría una posición ante:

1) la incertidumbre

2) el caos

3) el riesgo

En este caso, el complejo 1-3 es constitutivo del ser, o, dicho de otra manera, hace referencia

a condiciones *sine qua non* del ser, y no ya meros accidentes (en sentido aristotélico, como lo no constitutivo del ser). Esto último se torna crucial sobre todo hoy, en medio de la escalada tecnocientífica y su relación con la crisis ambiental (Linares, 2008; 2018). En sentido hegeliano, ante la negación economicista de la dimensión de la crisis ambiental, oculta en la idea de "sustentabilidad", ha de oponerse otra negación. Esta negación de la negación, estaría en una nueva racionalidad ambiental, sintetizada a partir de otros supuestos éticos, epistémicos y ontológicos, distintos de los del marco normativo de la economía neoclásica o neoliberal. Serán esos supuestos en su conjunto los que conformarán la ecoética necesaria, vista como relevo de sentido ante el monologismo de la sustentabilidad y sus correcciones menores.

Antes de entrar en la definición de los rasgos básicos de la ecoética, es preciso hacer una aclaración. Hasta aquí se ha insistido continuamente en que la economía *standard* o neoclásica, puede ser analizable en términos de su marco normativo. Pero, ¿qué significa esto y por qué es relevante? La respuesta es que, desde las elucubraciones teóricas pioneras de un Hayek, o de un continuador como Friedman, la economía aparece como una ciencia axiológicamente neutra, que no hace juicios de valor y por lo tanto no es 'normativa', sino 'descriptiva' de la vida productiva de los agentes económicos en el mercado. Asumir tal definición de lo económico, supone que sus proposiciones refieren a descripciones de hechos incontaminados por valoraciones subjetivas[4]. Así, colocarse críticamente ante las proposiciones económicas, en cuanto descripciones pretendidamente objetivas de comportamientos de producción y consumo, implicaría oponerse a lo que de científico hay en dicha economía, es decir, se estaría atacando una forma institucionalizada de racionalidad (pretendidamente) científica, y por tanto, se estaría defendiendo el irracionalismo. Este es el mito (de la neutralidad valorativa en economía) que debe deconstruirse al hacer la crítica de lo económico. Como señala Gómez (2010b), no hay economía valorativamente neutra ni puede haberla. En cuanto discurso (autojustificatorio/explicativo) sobre el quehacer productivista de las sociedades moderno-capitalistas y luego ciencia social, la economía aparece imbricada en el desenvolvimiento moral de la totalidad social. Los fenómenos del mundo económico se producen en ambientes preñados de valoraciones éticas, ontológicas y epistémicas, por lo que revisar tal manifestación de normatividad deviene una tarea pertinente y necesaria. El marco normativo a partir del cual toman sus decisiones los diversos agentes económicos, es expresión de sus valoraciones/creencias, y guía pragmática en la determinación social de las modalidades de consumo e inversión, la formación de los proyectos económicos y las medidas de su ejecución política (Sen, 1987; Küng, 2000; Gómez, 2010b, 2014). Así, la pléyade de valoraciones de orientación, las creencias que conforman el cuerpo moral de los agentes económicos y los *ethos* activos en los múltiples campos de la actividad productiva, demuestran la presencia de una ética económica que no solo está en la práctica de los agentes sino también en las

4 Para quien comparte esta posición, no se reconocen los supuestos presentes en toda selección y formulación descriptiva de hechos y en su perfilamiento explicativo, que aparecen como incontaminados por toda dimensión subjetiva o por todo juicio de valor (Gómez, 2014).

variadas teorizaciones que sobre el comportamiento y dinámica económica se han hecho (Dussel, 2001).

El reto que se presenta no sólo es el de formular una propuesta ética coherente en el contexto de la crisis ambiental, sino también emprender el análisis crítico de la resistencia positivista que pervive bajo la rúbrica de la neutralidad valorativa en economía. No debe haber lugar a dudas respecto a la centralidad de los valores económicos en nuestras sociedades. La escasez artificial de que hablaba Marx, el egoísmo "natural" defendido por los liberales, el mercado como *locus* de la competencia (derivada del egoísmo) que el liberalismo y el neoliberalismo económicos defienden como puntos de partida (casi axiomas) incontestables, etc. Estos y otros son supuestos que podemos encontrar en los muy numerosos discursos económicos hegemónicos, sean de la índole que sean. A menos que se sostenga alguna variedad anquilosada, ajena a toda discusión epistemológica, de la dicotomía hecho/valor, la presencia de supuestos en economía y, por ende, de un marco valorativo identificable es indiscutible (Gómez, 2014). Su relevancia es central, puesto que en el interior del tal marco normativo se definen no solo los objetivos económicos, sino las cualidades de las preguntas económicas y sus posteriores acciones concretas sobre el mundo.

3. Ecoética como alternativa y encare crítico ante la crisis ambiental

Frente al escenario delineado, la propuesta de una ecoética se inscribe en el campo de las reflexiones sobre la relación capital-naturaleza de la ecología profunda, delineada, entre otros, en los ya clásicos trabajos de Bookchin (1976). Analiza y retoma elementos nodales de dicho encare de la problemática ambiental y propone la conformación de una serie de principios englobados en la que puede definirse "como el comportamiento derivado del reconocimiento a plenitud de nuestras dependencias de ese otro que es nuestro *Oikos*,[5] no como escape a la 'intemperie', sino como lo que hace posible a nuestra humanidad biológica" (Gómez, 2015, p. 28). En este sentido, en cuanto es una ética pensada para evitar la muerte planetaria, supone una serie de exigencias básicas, que, de acuerdo con Gómez (2016) son: 1) oponer al supuesto del "egoísmo natural", el altruismo y la misericordia; 2) ante el endiosamiento de la libertad de interferencia (libertad negativa o libertad 'de'), oponer la libertad positiva (libertad 'para'), lo que implica el énfasis en la libertad agencial, potenciadora de la autodeterminación (como la entendían Hume y Marx, aunque desde posiciones opuestas); c) frente

5 Término que usualmente se traduce como "casa" y está en la raíz etimológica del concepto de ecología. Interesa aquí recuperarlo en el sentido de totalidad orgánica concreta, con densidad histórica, de la cual formamos parte. La "oposición" productivista, que define a ese *oikoz* en términos de escasez, y en oposición a la civilización, es bastante reciente, en realidad propiamente moderna, y alcanza concreción material específica como metabolismo social con el despliegue del capital como hegemón organizador de la vida en su conjunto (Ganem, 2020).

al determinismo y el supuesto de la neutralidad axiológica en economía, la apertura de alternativas ante la presencia continua de consecuencias involuntarias, derivadas de decisiones humanas que al exigir correcciones, generan apertura de nuevas posibilidades de elección, no ineluctablemente direccionadas en una único sentido, es decir, que siempre pueden haber contingencias más allá de cualquier necesidad artificiosamente impuesta y d) frente al *homo economicus* construido por la economía hegemónica, un nuevo sujeto con capacidades o grados de libertad para accionar sin predeterminación alguna, y de esta forma virar en pos de nuevas metas que busquen realizar nuevos valores.

Cabe reiterar que la propuesta de una ecoética, en su dimensión de crítica al racionalismo económico corriente, hace suyos algunos de los rasgos de la nueva racionalidad ambiental delineada en los trabajos de Enrique Leff (2006, 2007), pero a ellos se suman dos principios centrales. El primero de ellos viene de la lectura de Levinás (2002) y consiste en que 1) a través del sentido del reconocimiento del Otro humano, podamos ser capaces de llegar al reconocimiento del Otro no humano, y 2) encarar el estudio de la crisis ambiental desde una perspectiva sistémica de análisis de redes, entre cuyos nodos está la humanidad, orientada hacia la nueva racionalidad ambiental, dirigida al mantenimiento de las condiciones necesarias para lograr la permanencia de las dinámicas de organización del mundo de la vida (Gómez, 2015).

Derivados de estos principios, se propone que una ecoética necesaria tendría los siguientes elementos constitutivos:

1. Reconocimiento de la relación de dependencia sociedad/naturaleza, que el capital invierte y deforma, y cuyos límites productivos resultan sumamente problemáticos en la medida en que se profundiza y atrinchera su lógica de subsunción de la vida entera a su lógica de generación de valor (Bellamy, 2009; Harvey, 2014).

2. Emprendimientos tecnológicos limitados por la dimensión ético-ecológica. Principio que retoma varias propuestas, entre las cuales puede mencionarse la muy relevante síntesis lograda por Jorge Linares (2008, 2018) y de la cual se desprende este punto.

3. Reconocimiento del ser humano como un nodo en la red de redes de la biósfera. Siendo la biósfera precisamente un complejo de complejos en el que estamos contenidos todos los seres vivos y del cual dependemos absolutamente, y no un “enemigo” al cual dominar tecno-científicamente, como indican Kovel (2007), O´Connor (2001), Bellamy (2009) y Linares (2008).

4. Respeto hacia las condicionantes del proceso dinámico de la red ecológica. Que sigue de

cerca los trabajos de Enrique Leff (2006, 2007, 2014) sobre los elementos constitutivos de una nueva racionalidad ambiental.

Este complejo mínimo (1-4) enmarca el camino de una ecoética que será tanto 1) un ejercicio de crítica filosófica y social del marco normativo de la irracionalidad de lo racionalizado, oculto detrás del *slogan* del "desarrollo sostenible", como 2) una propuesta para su encare desde otro universo de prácticas, no basadas en el cálculo de utilidad como lógica de lógicas.

4. Conclusiones:

La ecoética, frente al accionar real de los agentes económicos, justificado en el quehacer teórico depositado en la economía hegemónica, no se puede reducir al universo de una serie de reglas de hecho, ni puede fundamentarse en una serie de postulados abstractos: su materialidad y practicabilidad debe ser patente. La ecoética propuesta frente a la opción de la sustentabilidad (o desarrollo sustentable) debe tener una función regulativa de la acción humana y económica concreta, es decir, debe estar en capacidad de orientar la realización de una serie de valores elegidos en medio de una situación ya existente.

En este sentido, la eticidad de la ecoética debe estar situada en el espacio/tiempo concreto de la existencia de los entes en plena crisis ambiental para garantizar la habitabilidad humana y la terrestre, y debe tener rasgos de *disruptividad* y *concreción*. Será 1) *disruptiva* en la medida que pueda someter a crítica la situación específicamente social, así como la moralidad efectiva vigente en nuestro contexto de desastre ambiental global y, así oponerle otra moralidad, materialmente deseable. Y 2) *concreta*, porque estará basada en un marco de motivaciones e intereses reales, emanados de un contexto social determinado que, hoy, se encuentra ante la oportunidad de atender, desde una mirada filosófica y social, las emergencias éticas y epistémicas que puedan presentarse como alternativas ante nuestros problemas globales.

El reto es lograr la comprensión y superación de una fase retórica activa y hegemónica del discurso económico (la sustentabilidad), a través de un ejercicio de análisis que apela a la constitución de una ética disruptiva concreta, que emanada de la tradición discursiva de la ética ambiental y la ecosofía se propone ahora como ecoética: una ética centrada en la vida y no en el "hombre" (ética antropocéntrica "centrada en lo humano"), que garantice las reales posibilidades de una habitabilidad terrestre y planetaria, más allá del ilusorio marco de lo aceptable, y más allá, evidentemente, de las metas que pueda suponer la cada vez más artificial e insostenible continuidad de una habitabilidad meramente humana.

Agradecimientos

Para los profesores Enrique Rajchenberg (UNAM) y Hans Dielemman (UACM), por su tiempo y los valiosos comentarios críticos hechos a este trabajo. Lo que de meritorio haya en estas páginas, mucho le debe a sus aportes y sugerencias.

Referencias:

Alimonda, H. (2006). Presentación, en H. Alimonda (Comp.). *Los tormentos de la materia* (9-15). Buenos Aires, Argentina: CLACSO.

Attfield, R. (2012). *Environmental Ethics: An Overview*. Reino Unido: Cardiff University.

Bartra, A. (2006). *El hombre de hierro*. CDMX, México: Ítaca/UACM.

Bellamy, J. (2009). *The ecological revolution*. Nueva York, E.U.: Monthly Review Press.

Boltvinik, J. (2015). Límites objetivos del capitalismo y paradoja de Lauderdale, *Mundo Siglo XXI*, XI (37), CDMX, México: IPN, 11-25.

Bookchin, M. (1976) *Por una sociedad ecológica*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Dussel, E. (2001). Principios éticos y economía (en torno a la posición de Amartya Sen). *Signos filosóficos*, s/v (6), 133-152.

Echeverría, J. (2007) *La revolución tecnocientífica*. CDMX, México: FCE.

Feenberg, A. (2012). *Transformar la tecnología, una nueva visita a la teoría crítica*. Bernal, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.

Fugamalli, A. (2010). *Bioeconomía y capitalismo cognitivo. Hacia un nuevo paradigma de acumulación.* Madrid, España: Traficantes de sueños.

Ganem, A. (2020) De escasez e invisibilización: notas para una emergencia de la naturaleza. *Disenso, revista de pensamiento político*, 1(II), 204-209. Recuperado de https://revistadisenso.com/numeros/

Gómez, L. (2015). De la bioética a la ecoética (una reflexión desde el «Racionalismo dialéctico»). *Gestión y ambiente*, *18* (1), 147-157. Recuperado de

https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/49239

Gómez, R. (2008). En torno a una des-teologizada tecnociencia. *Educación superior: cifras y hechos*, 6 (37-38), 18-20.

Gómez, R. (2010a) Ecosofía: una apertura filosófica hacia el futuro. *Educación superior: cifras y hechos*, *8* (49-50), 5-11.

Gómez, R. (2010b). La economía que nunca fue y la que nunca debió ser. En C. Hidalgo y V. Tozzi (comps.). *Filosofía de la ciencia y la sociedad, indagaciones en honor a Félix Schuster (33-45)*. Buenos Aires, Argentina: CLACSO/CICCUS.

Gómez, R. (2014). Una nueva unidad no estándar de análisis. En A. Velasco, C. López. (Eds.). *Aproximaciones a la filosofía política de la ciencia* (315-338). CDMX, México: UNAM.

Gómez, R. (2016) Tecnología y nueva ética. *De Raíz Diversa*, *3* (6), 115-136. Recuperado de http://latinoamericanos.posgrado.unam.mx/publicaciones/deraizdiversa/no.6/4._Tecnologia_y_nueva_etica.-Ricardo_J._Gomez.pdf

González, P. (2017) *Las nuevas ciencias y las humanidades: de la academia a la política*. Buenos Aies, Argentina: CLACSO/Anthropos/UNAM.

Granda, C. (2006) *Elementos para una crítica a las teorías del crecimiento económico basados en los conceptos de capital y cambio tecnológico y sus nexos con los recursos naturales y la energía* (tesis para optar por el grado de magíster). Universidad Nacional de Colombia/Escuela de Economía, Colombia.

Harvey, D. (2014). *Diecisiete contradicciones y el fin del capitalismo*. Madrid, España: Traficantes de sueños.

Kovel, J. (2007). *The enemy of nature*. Londres/Nueva York: Zed Books.

Küng, H. (2000) *Una ética mundial para la economía y la política*. Madrid, España: Trotta.

Leff, E. (2006). *Aventuras de la Epistemología Ambiental: de la articulación de ciencias al diálogo de saberes*. CDMX, México: Siglo XXI.

Leff, E. (2014). *La apuesta por la vida, imaginación sociológica e imaginarios sociales en los territories ambientales del sur*. CDMX, México: Siglo XXI.

Leff, E. (2007). "La complejidad ambiental", *Polis. Revista de la Universidad Bolivariana*, *6* (16), 1-9. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/305/30501605.pdf

Levinás, E. (2002). *Totalidad e infinito. Ensayo sobre la exterioridad*. Madrid, España: Sígueme.

Linares, J. (2008). Ética y mundo tecnológico. CDMX, México: FCE.

Linares, J. (2018). Hacia una ética para el mundo tecnológico, *ArtefaCtos. Revista de estudios de la ciencia y la tecnología*, *7* (1), 99-120. http://dx.doi.org/10.14201/art20187199120

Löwy, M. (2012). *Ecosocialismo. La alternativa radical a la catástrofe ecológica capitalista.* CDMX, México: Siglo XXI.

Marcos, A. (2001) Ética ambiental. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.

Marx, K. (2020) *Crítica del programa de Ghota.* Recuperado de: https://www.marxists.org/espanol/m-e/1870s/gotha/critica-al-programa-de-gotha.htm

O'connor, J. (2001). *Causas naturales*, *ensayos de marxismo ecológico*. CDMX, México: Siglo XXI.

O'connor, J. (2000) ¿Es posible el capitalismo sostenible? *Papeles de Población*, *6* (24), 9-35.

Panico, C. (2012). Reflexiones sobre el concepto de racionalidad en la teoría económica. *Revista Galena de Economía*, *21* (21), 2-21.

Panico, C., Perrotini, I, Capraro, S. (2012). *Apuntes y cavilaciones sobre la economía*. Recuperado de

http://www.economia.unam.mx/foro2012/ponencias/Panico,%20Perrotini,%20Capraro.pdf

Sen, A. (1987). *Sobre ética y economía*. Madrid, España: Alianza.

Sousa, B. (2006). *Renovar la teoría crítica y reinventar la emancipación social (encuentros en Buenos Aires).* Buenos Aires, Argentina: CLACSO.

Toledo, V. (2018). ¿De qué hablamos cuando hablamos de sustentabilidad? Una propuesta ecológico política. En M. Nieves, R. Cruz, C. Rodríguez (Coords.). *Sociedades sustentables: aproximaciones críticas* (pp. 27-56)*,* CDMX, México: UAM.

CAPÍTULO 3

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL HÁBITAT HUMANO, EN LA ACUMULACIÓN DE CAPITAL

Carrasco R.[1] , Andrés H.[2] y Santomé G.[3]

[1] Doctor en Urbanismo. Docente e Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, del Instituto Politécnico Nacional (CIIEMAD-IPN) roquej1608@hotmail.com

[2] Maestra en Ciencia. Docente e Investigadora de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Ticomán del Instituto Politécnico Nacional (ESIME-T-IPN). hcalderon103@hotmail.com

[3] Doctor en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico por el Instituto Politécnico Nacional (CIIEMAD-IPN). gilunam@yahoo.com.mx

> La tesis de que "el modo de producción, de la vida material condiciona el proceso de la vida social, política y espiritual en general", de que todas las relaciones sociales y estatales, todos los sistemas religiosos y jurídicos, todas las ideas teóricas que brotan en la historia sólo pueden comprenderse cuando se han comprendido las condiciones materiales de vida de la época de que se trata y se ha sabido explicar todo aquello por estas condiciones materiales; esta tesis era un descubrimiento que venía a revolucionar no sólo la economía, sino todas las ciencias históricas (y todas las ciencias que no son naturales son históricas*)*. (Marx, 2008a, p. 335).

Resumen

El cambio climático (CC) y sus consecuencias socioambientales, desgarran diferentes ámbitos de las comunidades en lo: social, económico, político, cultural y territorial. Fenómeno creado por las fuerzas depredadoras provocadas por la intensidad de sobreexplotación de recursos naturales y humanos generacionales. Desde la primera revolución industrial como un referente de la devastación contra la naturaleza hasta nuestros días. Crisis del calentamiento global, como del enfriamiento temporadas de fríos intensos, o periodos largos de sequías en otros territorios. Sin embargo, nos preocupa en estos momentos las consecuencias desastrosas provocadas en regiones de sociedades extremadamente pobres sufren estos estragos; cuantos daños causados por los países industrializados. De esta manera, a nuestro juicio, puede percatarse los tiempos contradictorios en fases de la industrialización, basada en el consumo ingente de combustibles fósiles. Tres procesos interactúan en problemas del CC: primero, acumulación de capital, es incompatible con la "sustentabilidad" de la vida en el planeta, provocando la sobreexplotación de los recursos naturales y humanos; segundo, instaurar la producción industrial en técnicas productivas, basadas en el consumo de combustibles fósiles, tiende a comprender la producción de gases efecto invernadero (GEI) y; tercero, entre los países productores de GEI: EU y China despojan los recursos de la naturaleza.

Palabras clave: desarrollo, capital, consumo y producción, capitalismo y acumulación.

Abstract

Climate change and its socio-environmental consequences tear apart different areas of communities, in social, economic, political, cultural and territorial. Phenomenon created by predatory forces caused by the intensity of overexploitation of generational natural and human resources. From the first industrial revolution as a benchmark of the devastation against nature to the present day. Global warming crisis, such as cooling seasons of intense cold, or long periods of droughts in other territories. However, we are concerned at this time the disastrous consequences caused in regions of extremely poor societies suffer these ravages; how much damage caused by industrialized countries. In this way, in our opinion, you can see the contradictory times in phases of industrialization, based on the huge consumption of fossil fuels. Three processes interact in problems of climate change: first, capital accumulation, it is incompatible with the "sustainability" of life on the planet, causing the overexploitation of natural and human resources; second, establishing industrial production in productive techniques, based on the consumption of fossil fuels, tends to include the production of greenhouse gases (GHG) and third, among the GHG-producing countries: USA and China plunder nature's resources.

Keywords: ***development, capital, consumption and production, capitalism, and accumulation.***

Introducción

Los fenómenos actuales y sus contradicciones históricas en coyunturas concretas expresan formas y consecuencias negativas hacia la sociedad, con la distribución inequitativa de los beneficios y las penurias en escalas diferentes, sin embargo, se presenta como la panacea de la civilización al justificar un "desarrollo" de la exclusión. La realidad es tan obstinada que se observa en todas partes y en los ámbitos concretos las desigualdades. En México, existen 80 millones de pobres, de acuerdo con los datos de Julio Boltvinik (Hernández, 2018 p.1). Esto conlleva un revés de la entelequia oficial por suprimir la realidad de pobres en el país. Esa es la cifra es ocultada al considerar un desarrollo sin beneficios reales para las grandes mayorías de un México vilipendiado. Las dinámicas se presentan como producto de las actuales relaciones sociales de producción capitalistas, que tienen sus explicaciones fundamentales en la producción, consumo, distribución y circulación de los bienes y servicios producidos socialmente. Por ello, es importante precisar por qué los actuales fenómenos emergen de sus "recetas" a modo, sin contrastar los hechos de la historia del pasado y la incoherencia del presente dilapidando a la sociedad. Comprendemos como las actuales relaciones sociales de producción y reproducción del sistema capitalista se basan en la explotación de los combustibles fósiles, así lo plantea Dale Allen:

> …la energía para la Revolución Verde fue suministrada por combustibles fósiles en la forma de fertilizantes (gas natural), pesticidas (petróleo), e irrigación alimentada por hidrocarburos, para echar andar su maquinaria de fabricación; claro, en detrimento de la naturaleza. Es ahí entonces donde tiene sus contracciones incapaces de frenar o cambiar las formas de acumulación del capital (Allen, 2006, p.3).

Siendo este proceso atizado con el modelo de producción en la especulación[1] de herramientas o instrumentos para la agricultura, ganadería, desplazamientos en tierra, aire, mar; así como

1 Este escenario, en la especulación de ciertos bienes producidos socialmente; lo resumimos en tres direcciones: a) como objeto independientemente de su valor de uso, donde podría satisfacer necesidades o no, sin embargo, no como una mercancía directa: sería para su uso social; b) en tanto el valor de cambio, como objeto, para la banalidad o de la

derivados en cosméticos, entre otros elementos necesarios o superfluos. Hemos recurrido en retomar de los planteamientos de Sabbatella, unas ideas planteadas a partir de esta relación en cuanto a cómo se valorizan o, mejor dicho, la desvalorización en tanto al valor de uso de los recursos de la naturaleza; también se sugiere un punto de partida que podría ayudarnos a comprender la depredación y la cosificación (Lukács, 1970, p.43)[2] de ella; de modo que:

> …el mundo natural no formaba parte de las preocupaciones inmediatas de Marx, pero no dejaba de señalar que la naturaleza es, junto al trabajo, punto de partida de la producción de valores de uso. En este trabajo de conformación, el hombre se apoya constantemente en las fuerzas naturales. El trabajo no es, pues, la fuente única y exclusiva de los valores de uso que produce, de la riqueza material. El trabajo es, como ha dicho William Petty, el padre de la riqueza, y la tierra, la madre. (Mair, 2020, p.10)

Convertir a la naturaleza y sus recursos en objetos mercantilizados, incluso, objeto mercancía, donde el valor de uso se somete a la lógica del mercado para convertirse en valor de cambio. por ello entonces, reflexionamos que, esta es la subsunción determinada por la cosificación de los recursos naturales y humanos existentes. Bajo estas condiciones se depreda a la naturaleza para incrementar la acumulación del capital.

> Marx no abandona el "campo teórico" argumentativo tradicional de la economía política para abrir un nuevo campo. Sigue las señales de la ilustración racional y una lógica que no tiene en cuenta los límites de la naturaleza. El argumento principalesel siguiente: el hombre construye su historia al transformar la sociedad, la naturaleza y a sí mismo, pero no existen límites impuestos por la naturaleza. Por consiguiente, la naturaleza es concebida como un conjunto de recursos que pueden ser utilizad. (Altvater, 2006, p.341)

No obstante, el hombre no es un ser aislado ni actúa por si sólo; por el contrario, depende y está relacionado más con las formas de su existencia, es decir, cómo se reproduce y consume en unas relaciones dominantes; lo que significa también, la existencia y prevalencia del capitalismo y sus medios de reproducción. Por ello insistimos que, bajo la lógica de reproducción y en la acumulación

inversión destinada a la acumulación suntuaria y; c) en la especulación porque, es un bien producido en esquemas del intercambio mercantilizado.

2 Precisamos esta idea en cuanto a que retomamos de Seccia Oriana, Retomando las palabras de Marx en "El fetichismo de la mercancía y su secreto", con la universalización de la forma mercantil, a los hombres sus productos, en este caso, se les presentan como independientes y autónomos de su actividad (Seccia, 2009, p. 5). recuperado de. https://www.aacademica.org/000-089/244.pdf.

capitalista la naturaleza está en peligro hacia su devastación. Esto no es ajeno a lo que estamos viviendo en la actualidad.

Por ello, es imprescindible analizar el por qué se generan esas relaciones de reproducción; cómo se producen y cuáles son sus tendencias. De manera que, los fenómenos como el cambio climático, el calentamiento global, el avance de la desertificación del suelo, la contaminación del campo[3], la ciudad y el cambio en el régimen de lluvias, entre otros fenómenos, todo, obedece más a las tendencias de la acumulación del capital. A nuestro juicio, son las contradicciones generadas por esa crisis del sistema basada en la producción para la acumulación del capital. Esto no es nada errado ni es nuestra pretensión evidenciar las consecuencias discursivas, sino destacar, como son realidades que devienen históricamente desde el origen mismo del sistema producción dominante. Para ello, retomamos el planteamiento de François Chesnais: "El capitalismo…es el origen de las transformaciones de la biosfera y los múltiples ecosistemas del planeta que sustentan el cambio climático. La expansión planetaria de la economía capitalista, su apropiamiento del mundo…" (Chesnais, 2009, p.1) Estas son las razones, entre otras, para explicar los elementos constitutivos sustanciales que demuestran las tendencias de los fenómenos en la depredación de la naturaleza.

En este sentido, lo que vemos como un problema atmosférico y la crisis ambiental está insertada la realidad del actual modelo de producción y consumo en la racionalidad capitalista, tiene sus respuestas en la producción y reproducción de la sobreexplotación de los recursos naturales y humanos. Concretamente del consumo exorbitante de los combustibles fósiles, generando mayores emisiones de dióxido de carbono (CO_2) al ambiente. De manera que, continuar con esta quema de hidrocarburos y la estrategia de continuar el dispendio irracional los energéticos, sin duda colapsarán al sistema capitalista por el afán de acumulación descabezada y sin detener la catástrofe civilizatoria, donde la humanidad está al borde de la destrucción irreversible. Al tiempo desmitificar la idea al hacernos creer que, todos somos los culpables miserables de la contaminación y del deterioro socioambiental. De modo que, se debe encontrar la verdadera esencia de estos problemas porque está justamente en el entendimiento de la acumulación fincada más en las exigencias del acaparamiento y la destrucción de la naturaleza.

3 Nos referimos a la contaminación por desechos industriales, los basureros a cielo abierto, la acumulación de plásticos en caminos, terrenos, lomeríos, lagunas, ríos. Los desechos industriales, urbanos, escombros, basuras no biodegradables, etc. Son concentrados fuera de pequeñas, medianas y grandes ciudades. Es parte de las políticas de un Estado que, no cuenta con centros de confinamiento especializados con el carácter técnico para la separación, reciclaje, tratamientos y convertir hacia otros usos no dañinos a los consumidores.

1. El cambio climático en el contexto de la habitabilidad

Es imprescindible precisar qué es y cómo concebimos el cambio climático; esto conduce hacia una dirección inversa de los planteamientos de hoy; en tanto, lo que se difunde, se acepta, no se analiza ni se aprecia desde una cuestión formal y sin otra explicación contraria al presente. Quiere decir que, sobre la base de sus elementos, factores y dinámicas tendenciales de su cuantificación se impone el cambio climático. Por ello, es necesario analizar sus impactos, sus interrelaciones y el contexto en el cual se propaga. No como una instancia provocada por todos o por algunos irresponsables directamente, sino estudiarla por sus efectos dañinos como: el cambio en la salud en deterioro con desfases en la cura, los efectos negativos en la producción, cultivo y degeneración o extinción de especies -flora y fauna- de las comunidades pobres, así como en la esencia misma de las catástrofes provocada por la sobreexplotación de materias primas conducen hacia la catástrofe de la humanidad. Esta idea debía explicarse a partir del actual modelo de producción, consumo y en el entorno de la especulación de los recursos naturales, en un escenario de desigualdades para los productores de los combustibles fósiles. Debe explicarse por qué los verdaderos países productores de materias principales vitales para el consumo, están prácticamente fuera de sus beneficios de la renta petrolera en sus especificidades, porque estos países y sus sociedades carecen, por ejemplo, de las condiciones materiales de vida, agravando las penurias y excluidas de los llamados “beneficios” derivado de la explotación de la naturaleza. A cambio se expolian sus recursos sin socializarlas; de manera que se explican estos fenómenos de manera darwiniana, porque en la actualidad se concentra en manos de una reducida minoría de dueños quienes detentan las fuerzas productivas; en este sentido, los dueños de los medios de producción y en el mismo sentido a la fuerza de trabajo: los más fuertes se dilapidan a los menos competentes (en función al aspecto económico) para sobrevivir en condiciones de pobreza y depauperación.

De lo anteriormente expuesto, ahora podríamos retomar una aproximación de lo que se ha divulgado como una definición sobre el cambio climático. Esto es lo que estamos intentado percibir, qué es, cómo se manifiesta y quiénes son sus impulsores a escala planetaria. De esta manera, surge una idea de lo que expresa el cambio climático en tanto consecuencia del carácter genérico bajo los esquemas de los “expertos”, una idea con sus contradicciones, pero rodeado en el referente hasta hoy día diseminado:

> Las emisiones antropogénicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y consiguientemente sus concentraciones atmosféricas, han aumentado desde la era preindustrial (gráfico 1), impulsadas en gran medida por el crecimiento económico y demográfico, siendo las actuales las más altas de la historia. Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso no tienen precedentes, al menos, en los últimos 800000 años. Sus efectos se han detectado en todo el sistema climático. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2016, p. 9). Véase Fig. 1.

Se percibe la tendencia en la incertidumbre; es decir, de continuar con el cambio climático sin intervención directa de los Gobiernos consecuentes, además al no continuar de manera efectiva y sin demagogia los hechos negativos se agudizarán concretamente en sectores socialmente vulnerables pese las indicaciones de la ONU:

> El cambio climático debilitará la seguridad alimentaria. La redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en regiones sensibles, causadas por el cambio climático proyectado para la mitad del siglo XXI y periodos posteriores, supondrán un desafío para el mantenimiento de la productividad en los recursos pesqueros y otros servicios proporcionados por los ecosistemas. (ONU, 2016, p.21).

Un desafió que es reducido a la simplicidad al no cuestionarse quiénes provocan este problema.

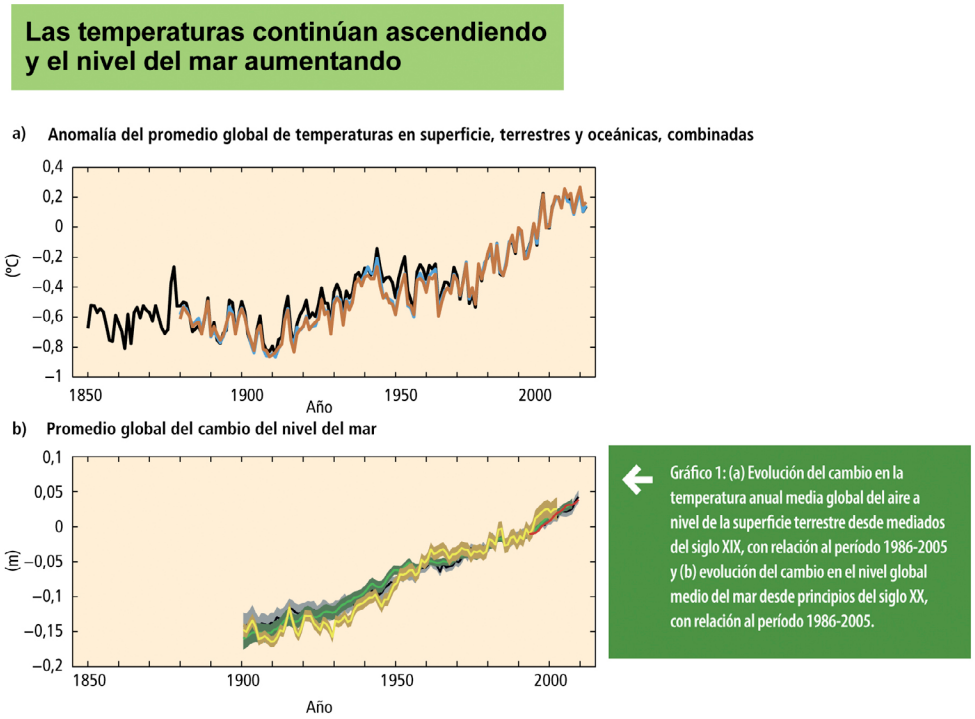


Figura 1. Promedio global de temperaturas de 1850-2000. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). *Cambio Climático: Informe de síntesis. Febrero de 2016.* [Imagen] recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia-sintesis-resumida_tcm30-376937.pdf.

Son los mismos, sin lugar a duda, quienes producen más mercancías en los países capitalistas[4],

4 El control de la estructura económica, el desarrollo de las fuerzas productivas y del ámbito ideológico al concebir los cambios, hasta el 2015. Existe "control" del Estado al sector industrial, con acción indicativa de las obligaciones y el control de la clase obrera. Véase: "Las corrientes anticapitalistas en China". Revista electrónica Viento del Sur. En línea. página web: https://vientosur.info/spip.php?article10719.

provocando el calentamiento global, aunado a la miseria y el saqueo de los recursos naturales y humanos de los países pobres productores y dependientes económicamente de los países industrializados. Aunado a los rasgos característicos de la acumulación del capital y como consecuencia la renta de los servicios[5] naturales renovables y no renovables de la propia naturaleza en su equilibrio y desequilibrio externo. En consecuencia, decimos entonces, más que servicios per se, son los valores naturales (como valor de uso). Asimismo, se puede observar en la Fig. 2, Emisiones de CO2 producidos por quema de combustibles fósiles, en el año de 2017, en el planeta.

Es interesante conocer, los países y los motivos para la generación del CO_2 en el mundo. Al cuestionar o interrogarnos el por qué se produce esa cantidad de dióxido de carbono, descubrimos que implica generar más productos, con impactos con respeto a la sociedad, conociendo como existen formas diferenciadas y zonas donde se contabiliza lo desigual. Se marcan desfavorablemente los que sufren de los embates socioambientales y de la depredación final de la naturaleza. Esa es la preocupación; también es la esencia de la devastación que en paralelo al "progreso" como a la propuesta de Walter Benjamín: "…porque la representación de un progreso del género humano en la historia es inseparable de la representación de la prosecución de ésta a lo largo de un tiempo homogéneo y vacío" (Benjamín, 2011, p.6).

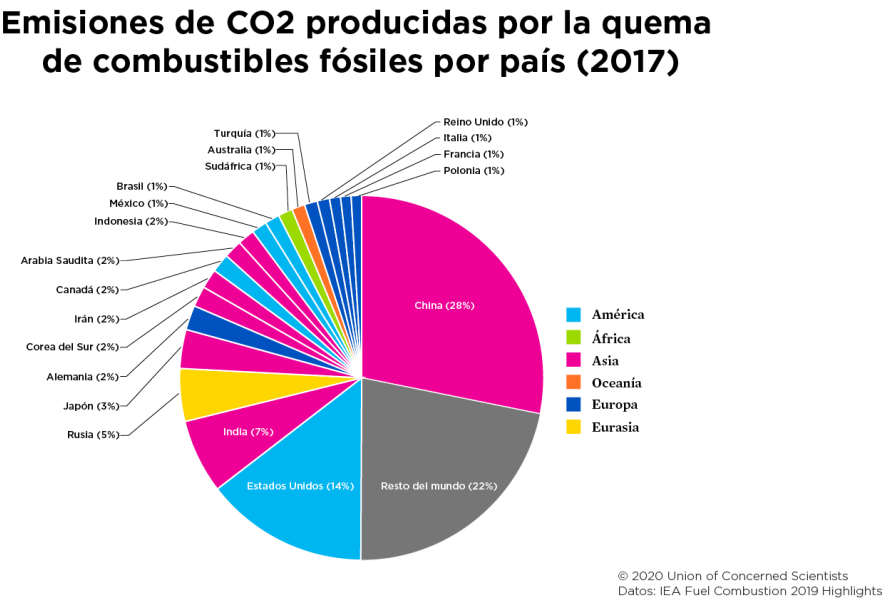


Figura 2: Emisiones de CO2 producidos por quema de combustibles fósiles. *Union of concerned Scientist. Las emisiones de dióxido de carbono por país.[imagen] 20 de enero de 2020, recuperado de: https://es.ucsusa.org/resources/emisiones-de-co2-por-pais.*

5 Los servicios a que nos referimos para este estudio, podríamos mencionar en este escenario. Por ejemplo, son además de lo que provee la naturaleza en las interrelaciones de la flora, fauna, biodiversidad que implica agua, minerales, la riqueza del suelo, la producción de oxígeno y el equilibrio generado para mantener la temperatura, el equilibrio entre la *sociedad-naturaleza-sociedad* en términos de la reproducción social y natural.

Asimismo, podríamos referirnos sobre el desarrollo[6] de posibilidades en cuanto al progreso como la devastación. Para ello retomamos este pasaje de Alberto Villalobos (2015): "posibilidad de la discontinuidad del progreso –de la devastación–en la que se inserta el tiempo-ahora, el tiempo de la actualidad integral que permanece abierta; ya no la impotencia del ángel, sino la intensidad y potencia mesiánicas" (p.20). Esta expresión del progreso, el desarrollo, de la posibilidad de alcanzar lo idealizado por encima de la depredación, aunado a la habitabilidad, se vuelven un círculo vicioso en las interrelaciones generadas por el sistema vigente, asociado a los preceptos de la acumulación capitalista. Donde se prioriza la concreción del sueño del capitalista para la sociedad, y se desvanece la esperanza de recibir beneficios materiales, al no concretizar sus recursos materiales de reproducción y supervivencia. Contrarias a las tendencias de amasar riquezas en un marco de desarrollo con miserias y depredación. Esta es la finalidad actual de la depredación del ser social y natural (naturaleza en su amplitud y plenitud), donde la habitabilidad de la sociedad o una parte mayoritaria de ella termina por derribarse sus esperanzas en un contexto de desigualdades y de procesos determinados por la segregación y exclusión.

Por ello, la habitabilidad de un segmento de la sociedad es la clase que ostenta los medios de producción e ideológicamente se impone, al hegemonizar el poder económico, político, social, ideológico y cultural. De modo que, se amplía cada vez la separación entre la clase trabajadora y los dueños del dinero: para habitar en un espacio construido, apropiado en la especulación, esquilmado por el sector inmobiliario, financiero, constructor y bancario, donde el espacio es la dinámica de reproducción del capital. De acuerdo con David Harvey: "El capital se materializa, en gran parte, a través de la construcción urbana, el establecimiento de relaciones sociales en la ciudad, la organización del espacio en la ciudad, entre otros" (Harvey, 2020, p.23). Esta tendencia del capital es un hecho que hegemoniza prácticamente en todo el territorio y, en el espacial, se expresa en las grandes metrópolis, más evidente la concentración y centralización de este para su fase de acumulación. En tanto, las formas de habitabilidad para las grandes mayorías luchan contra ese dinamismo del capitalismo. Al mismo tiempo, destaca de este análisis que:

> …debido al desarrollo capitalista, actualmente en la Tierra hay una temperatura 0,8ºC mayor que la media preindustrial. Si no se acaba con el capitalismo, es probable que causemos que la Tierra se caliente hasta unos niveles en los que los seres humanos como especie nunca hemos vivido. (Mair, 2020, p.10).

6 Para nosotros, el desarrollo es un proceso: a) repensar las clases populares, o mejor dicho a la fuerza de trabajo y sus formas de reproducción y; b) los dueños de los medios de producción instancias de acumulación del capital. El desarrollo cuantitativo subsume lo cualitativo; es un desarrollo para sí en la acumulación. Se diferencia de un desarrollo para la clase trabadora: una sobreexplotación de la fuerza de trabajo y su enajenación. El crecimiento, una perspectiva cuantitativa es dimensión de largo plazo: a) En lo cuantitativo de acumulación para la ganancia extraordinaria y; b) El desarrollo de las masas una contradicción que lo minimiza a objeto (Duménil, 2015).

Por ello, la sociedad del presente está inmersa en una *vorágine* de ideas, en cuanto a las contradicciones generadas por la acumulación capitalista en la desigualdad. Para Thomas Marois: "Harvey resaltó una importante contradicción real: la reproducción extendida del capital, la que debe alcanzar una cierta 'coherencia' y 'materialización' en el tiempo y el espacio para que el capital se valorice y acumule." (Marois, 2020, p.17). Esta forma de manifestación del capital conforma una homogenización de los usos del suelo, en el sentido de tres momentos interrelacionados entre sí: a) en la apropiación privada (suele presentarse por medio del despojo, por juicios de desahucios) de los espacios urbanizados; b) la centralización de las "condiciones materiales", éstas se caracterizan de acuerdo con Karl Marx:

> El modo como los hombres producen sus medios de vida depende, ante todo, de la naturaleza misma de los medios de vida con que se encuentran y que se trata de reproducir. Este modo de producción no debe considerarse solamente mientras es la reproducción de la existencia física de los individuos. Es ya, más bien, un determinado modo de vida de estos. Tal y como los individuos manifiestan su vida, así son. Lo que son coincide, por consiguiente, con su producción, tanto con lo que producen como con el modo cómo producen. Lo que los individuos son depende, por tanto, de las condiciones materiales de su producción. (Dos Santos, 1980, p.11).

También estas condiciones materiales, para nosotros, son útiles en la reproducción del capital, es decir, se interrelacionan en la esfera de la producción y; c) en cuanto a la habitabilidad, donde se explica para la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018) debe cumplir y aportar como un presupuesto desde la perspectiva de: "La mejora de las condiciones de habitabilidad puede salvar vidas, prevenir enfermedades, mejorar la calidad de vida, reducir la pobreza, ayudar a mitigar el cambio climático y contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)." (OMS, 2018, p.4).

Esta idea, a nuestro juicio, son intenciones y un discurso vacuo y fuera de la realidad, sobre todo, en el caso de los países de América Latina, Asia y África. En este sentido, pretenden reacomodar la reproducción de la fuerza de trabajo y los llamados "servicios colectivos" que se diseminan sólo para mantener cautivas a la fuerza laboral, pero, sin beneficiar materialmente la calidad de vida de la población. La pobreza en México, ya mencionado en líneas arriba con más de 80 millones de pobres en nuestro país. En contraste de los datos oficialistas muy conservadores. Por ejemplo, aquí se aprecian datos oficiales. Según antecedentes del Coneval completamente diferentes los mencionados con informaciones reales de Boltvinik. Véase la Fig. 3.

Figura 3. Medición de pobreza en México 2008-2018. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). *Medición de la Pobreza 2008-2018 [imagen]*. Recuperado de

https://www.coneval.org.mx/Medicion/PublishingImages/Pobreza_2018/Serie_2008-2018.jpg.

Razonamos en esta dirección que, la pobreza y el desempleo masivo (entre otros factores socioeconómicos inciden en las grandes mayorías de modo desfavorables), son las causas fundamentales para no alcanzar una idea de la habitabilidad en términos de un ámbito distinto de vivir, reproducirse, habitar e interrelacionar vivienda adecuada con formas de vida materiales "óptimas" reconocidas por la ONU y la OMS sugieren. He ahí, la incongruencia de un discurso de formalidades y la realidad de nuestros países.

En consecuencia, sobre lo que hemos estado exponiendo de manera crítica, es importante contextualizar cada uno de los fenómenos que no permiten un desarrollo "armónico" con la naturaleza; visualizando como las relaciones sociales dominantes están estrechando las posibilidades de una exclusión social y no permiten que la sociedad se reproduzca bajo las condiciones que ella misma disponga. De esta manera:

> …lo que llamamos aquí capitalismo contemporáneo consiste en un fenómeno que ha consolidado las esferas de lo cultural (subjetividad) y de la economía (medios de producción)

> usando como dispositivo de síntesis las redes informacionales y medios de comunicación, con lo que el capital adquirió una nueva forma de reproducirse y de deslocalizarse. (Espinosa, 2015, p. 353).

Haciendo una comparación entre la reproducción y la deslocalización la habitabilidad juega este papel como un proceso en el cual la fuerza de trabajo se localiza en un espacio reducido en el territorio, pero deslocalizándose con la correlación de fuerzas del capital contra la población laboral y de la sociedad en su conjunto.

2. Aproximaciones en cuanto a la habitabilidad

Conscientes de la necesidad de analizar los fenómenos del cambio climático y las consecuencias desastrosas en campo y ciudad, por ello, es importante contextualizar cómo y dónde se puede concretizar una forma de vivir al tomar en cuenta las vicisitudes de los habitantes que buscan un entorno habitable y humanizado para su reproducción y reinterpretar el espacio para habitar. Por ello, consideramos que la naturaleza es la parte medular como el soporte material para la habitabilidad. Sin embargo, Michael Löwy retomando de Marx propone lo siguiente: "El capital empieza por consiguiente a crear la sociedad burguesa y la apropiación universal de la naturaleza y establece una red que engloba a todos los miembros de la sociedad: tal es la gran acción civilizadora del capital" (Lowy,2003, p.3) Es posible mantener una idea sobre el soporte material en el cual de un mundo físico y espacial la sociedad concibe su "habitabilidad". Al tiempo que es importante retomar un escenario que puede ayudarnos a comprender ese criterio del hábitat si lo relacionamos con la naturaleza en su esencia misma. Para ello retomamos el planteamiento de Marx en este sentido, como parte de nuestros estudios hacia la comprensión, el problema del cambio climático como de la "habitabilidad" en sus contradicciones. Esta es la idea de Marx: "…en la medida en que el hombre se sitúa de antemano como propietario frente a la naturaleza, primera fuente de todos los medios y objetos de trabajo, y la trata como posesión suya, su trabajo se convierte en fuente de valores de uso, y, por tanto, en fuente de riqueza" (Marx, 2000, p.8).

De nuestras investigaciones, nos encontramos con algunos elementos que emergen en este apartado que dará una aproximación del hábitat. De modo, el espacio, es donde se desarrollan las interrelaciones y dinámicas de producción para un consumo creado a imagen y semejanza de la prevalencia del *statu quo* del sistema predominante. Esta es una de las manifestaciones que se expresan en el escenario actual de la acumulación capitalista. Por ello, es necesario estudiar las tendencias del crecimiento y del desarrollo industrial, sus consecuencias bajo un régimen de acaparamiento en detrimento de las grandes mayorías del mundo. Conscientes de la catástrofe tendencial de la sobreexplotación de los recursos naturales y humanos en sus especificidades, la

lógica basada en sostener un sistema en crisis, la naturaleza no tendrá elecciones naturales que ser devastada por encima del desarrollo en la desigualdad.

Conociendo la existencia de reuniones o cumbres en ámbitos internacionales sobre la intención de estudiar y tratar de frenar los fenómenos del calentamiento global o, de disminución de las injusticias del pasado inmediato como del presente, de manera discursiva; incluso, lejos de beneficiar con los adelantos de la ciencia y la tecnología, así como distribuir con importancia en cuanto al planteamiento "equitativo" los recursos naturales, económicos y demás acciones "filantrópicas", pese a esos debates internacionales, al final, no se consigue ninguna disminución significativa ni erradicación de las contradicciones del capital. Se insiste en volver a reuniones, foros, convenios, cumbres, elaborar agendas, etc., sin embargo, la realidad está intacta en cuanto a los problemas socioambientales y de la habitabilidad en su contexto de reproducción. A continuación, señalaremos un listado de reuniones de Estados y/o representantes con signos de conformar y continuar con discursos sin concreción y menos resolver los múltiples problemas generados por el actual sistema capitalista; tomado del documento Hábitat III, celebrado en Quito, Ecuador en 2016, en su punto número 6:

> 6. Somos plenamente conscientes de los hitos alcanzados en 2015, en particular la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible -incluidos los Objetivos de Desarrollo Sostenible-, la Agenda de Acción de Addis Abeba de la Tercera Conferencia Internacional sobre la Financiación para el Desarrollo, el Acuerdo de París aprobado en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Marco Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, el Programa de Acción de Viena en favor de los Países en Desarrollo Sin Litoral para el Decenio 2014-2024, las Modalidades de Acción Acelerada para los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (Trayectoria de Samoa) y el Programa de Acción de Estambul en favor de los Países Menos Adelantados para el Decenio 2011-20207. Tomamos también en cuenta la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social, el Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo, la Plataforma de Acción de Beijing), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible y las actividades de seguimiento de esas conferencias. (ONU, 2017, pp. 3-4)

En estas cumbres o reuniones mundiales, los jefes de Estado emergen sin contenidos reales que respondan verdaderamente a la población mayoritaria del planeta. Suponemos que tiene una lógica y sus refutaciones en las mismas formas de cómo surgen los fenómenos aún no resueltos bajo el actual régimen. La habitabilidad como proceso de identificación; de manera que podríamos

acercarnos a unas formas de su expresión bajo sesgos en constantes transformación.

Una interrelación constante de identidad entre el entorno social y la individualidad en transición cuyo reflejo es determinada por las relaciones sociales imperiosas históricamente. Al tiempo estructurado sobre la base de los ámbitos sociales, económicos, políticos, culturales, espaciales ideológicos. Materializándose en las zonas de una ciudad-territorio, enmarcándose expresamente bajo la tutela de un Estado, en condiciones de la propiedad privada en un contexto jurídico político para mantener el ***statu quo*** de las relaciones de reproducción.

También la habitabilidad se expresa bajo otras ideas que sistematizan en cuanto a lugares de interrelaciones de la sociedad en el marco de sus procesos en transición. De manera que, se puede mantener entre algunas manifestaciones basadas en la hegemonía de quienes estructuran el poder económico. Es decir, espacio, sobre una traza urbana que va más allá de la trama de la ciudad. De modo que se tienen esos elementos en constante interrelación de sus vínculos sociales, económicos, habitables y de disipación de entorno al convertirse en espacios privados. Por ello, planteamos esta concatenación de instancias materializadas:

Emerge de la sociedad un movimiento civil que se empodera sobre la base de la exclusión y reivindica un movimiento para ser integrado en la toma de decisiones de lo jurídico-político. Por ello:

> El elemento civil se compone de los derechos necesarios para la libertad individual: libertad de la persona, de expresión, de pensamiento y religión, derecho a la propiedad y a establecer contratos válidos y derecho a la justicia [...]. Por elemento político entiendo el derecho a participar en el ejercicio del poder político como miembro de un cuerpo investido de autoridad política, o como elector de sus miembros [...]. El elemento social abarca todo el espectro, desde el derecho a la seguridad y a un mínimo bienestar económico al de compartir plenamente la herencia social y vivir la vida de un ser civilizado conforme a los estándares predominantes en la sociedad. (Silva, 2010, pp. 22-23).

Donde Marshall plantea la decisión de un proceso histórico de la ciudadanía en cuanto a la sociedad civil, política y social (Marshall y Bottonmore, 2007, p. 82). Estas tres partes constituyen la superestructura de la sociedad actual para buscar una relación con los aspectos jurídicos y políticos. Por supuesto, donde la habitabilidad Institucional desdeña resolver las demandas sociales. Sin embargo, esto no puede suceder estando bajo las normas y la hegemonía de la acumulación del capital. Del documento antes referido, nos ha llamado la atención la visión discusiva de lo que prácticamente contiene cada punto relacionado con los problemas ambientales, de las injusticias

materiales, de la sustentabilidad y otros inconvenientes agudizados en el pasado y agudizados en el presente. Empero, sin una resolución ni la necesidad de comprender el verdadero causante, para nosotros es el capital y no las estructuras de Gobiernos en crisis, en el punto número 11:

> 11. Compartimos el ideal de una ciudad para todos, refiriéndonos a la igualdad en el uso y el disfrute de las ciudades y los asentamientos humanos y buscando promover la inclusividad y garantizar que todos los habitantes, tanto de las generaciones presentes como futuras, sin discriminación de ningún tipo, puedan crear ciudades y asentamientos humanos justos, seguros, sanos, accesibles, asequibles, resilientes y sostenibles, y habitar en ellos, a fin de promover la prosperidad y la calidad de vida para todos. Hacemos notar los esfuerzos de algunos gobiernos nacionales y locales para consagrar este ideal, conocido como "el derecho a la ciudad", en sus leyes, declaraciones políticas y cartas. (ONU, 2017, p. 5).

El discurso se lee bien, no obstante, se diseña como una situación irreal de una ciudad recreada en la computadora. Es una idea para una sociedad sin definir, ni precisa cómo, cuándo, quiénes y en qué condiciones se podría construir una sociedad basada en una relación completamente distinta a la que estamos inmersos y lleno de contradicciones. Sin embargo, ese planteamiento es lo que se pregona, se distribuye y se impone como un hecho que todos los países deben acotar, difundir y enmarcar sus discursos. Aunque, esté lejos de convertirse en una realidad. De modo que, se hegemoniza una ideología basada en la especulación y en las promesas "diluvianas" que nunca se resolverán.

3. Conclusiones

Es imprescindible encontrar las razones del por qué se generan hacia la atmósfera cantidades ingentes de gases tóxicos y sus impactos catastróficos en todo el planeta. Por ello, decimos que no es solo conocer la producción del CO_2 sin saber a ciencia cierta lo que produce, las razones del porqué se acumula tanta riqueza sin destinarlas a quienes verdaderamente -la producen- necesitan resolver sus penurias apremiantes. De este modo, la propagación y generación de gases de efecto invernadero, se debe más por la acumulación del capital que resolver directamente a las demandas sociales.

En este escenario surge la interrogante de cómo se concibe desde un punto de vista formal y cuantitativo estas contradicciones. Pensamos que es un referente para explicar nuestra perspectiva. En consecuencia, es una evaluación producto del actual modelo de producción basado en la quema de los combustibles fósiles y en un marco de la sobreexplotación de recursos de la naturaleza, en manos de quienes especulan con los mismos procesos.

Es interesante la contextualización de nuestras críticas al tomar como punto de parida tres elementos en las precisiones del presente ensayo: la mercancía, el territorio y la fuerza de trabajo. Tres componentes que están directamente interrelacionados en el marco de la producción y reproducción del capital. Para Marx, la mercancía, en tanto, como: …objeto de las necesidades humanas, medio de subsistencia en el sentido más amplio de la palabra. Esta existencia de la mercancía en cuanto valor de uso y su existencia natural palpable, coinciden. El trigo, por ejemplo, es un valor de uso particular, a diferencia de los valores de uso algodón, vidrio, papel, etc. (Marx, 2008b, p.9). Esto se puede identificar para los tres presupuestos emanados de la sociedad.

De acuerdo con los estudios de Laura Zulaica y Juan P. Celemín que, "*la habitabilidad desde esta última* perspectiva es entendida como "la capacidad de los espacios construidos para satisfacer las necesidades objetivas y subjetivas de los individuos y grupos", es decir, involucra las esferas psíquicas y sociales de la existencia estable que podría equipararse a las cualidades ambientales que permiten el sano desarrollo físico, biológico, psicológico y social de la persona … de ahí su estrecha la vinculación con el concepto de calidad de vida" (Zulaica y Celemín, 2008, p.130). También son importantes estos elementos para saber cómo cubrir las necesidades objetivas y subjetivas en el proceso de la habitabilidad en unas condiciones completamente diferenciadas en la desigualdad:

- El cambio climático en el contexto actual se genera como una contradicción de la acumulación del capital. Se generan beneficios para un sector minoritario (los dueños de los medios de producción) y las perdidas recaen hacia la sociedad.
- Existen efectos perversos de la reproducción del sistema capitalista bajo las condiciones de desigualdad para las grandes mayorías, que no podrán soportar la caga de jornadas laborales más allá de las ocho horas reglamentarias.
- Los fenómenos de la contaminación, el cambio climático, el calentamiento global causantes del avance de la desertificación en regiones del país, se deben más por la destrucción de los bosques y montañas destinadas a la ganadería y agricultura del llamado monocultivo.
- La racionalidad del capital en la producción de alimentos para la especulación conduce necesariamente a la destitución del suelo natural para imponer formas destructivas en los procesos de cultivo y reproducción de variedades no aptas en las regiones; aunado a los pesticidas y abonos de agroquímicos. Por ello, los fenómenos de la contaminación son parte intrínseca de la acumulación de riqueza.
- La habitabilidad en un territorio segmentado, en la especulación significa migración, despojo, exclusión y destrucción familiar; de manera que, como parte de la mercantilización, no es compatible con la reproducción de la sociedad equitativa.

- Tanto el hábitat humano como su interrelación terrestre; de nuestra parte con el territorio, se puede referenciar con el "hábitat" que se relaciona, por ejemplo, con el derecho a la vivienda digna (Orozco y Guzmán, 2015, P. 28). Instancia para desdoblar en su especificidad a su valor de uso, valor de cambio, valorar como espacio de reproducción social; en tanto, mercancía para la especulación; en suma, es un constructo que representa una abstracción pendiente a investigar. Esto es parte de lo que encierra la habitabilidad fuera de su contexto.

Referencias

Altvater, E. (2006). ¿Existe un marxismo ecológico? En A.A., Boron, J. Amadeo, y S. González. *La Teoría Marxista Hoy* (pp.341-363), Buenos Aires, Argentina: CLASO

Allen, D. (2006). Comemos combustibles fósiles. *Polis. Revista Latinoamericana, (14) 1-13.* Recuperado de

https://journals.openedition.org/polis/5246

Benjamín, W. (2011). *Dirección Múltiple*. Recuperado de

https://direccionmultiple.files.wordpress.com/2012/04/3as-pruebas_walter-benjamin-direccic3b3n-multiple-web.pdf

Benjamín, W. (s/f). *Tesis sobre la filosofía y otros fragmentos*. Recuperado de

http://www.bolivare.unam.mx/images/traducciones/traducciones/posts/tesis_sobre_la_historia_y_otros_fragmentos/downloads/Benjamin_tesis_sobre_la_historia.pdf

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). *Medición de la Pobreza 2008-2018 [imagen]*. Recuperado de

https://www.coneval.org.mx/Medicion/PublishingImages/Pobreza_2018/Serie_2008-2018.jpg

Chesnais, F. (2009). Capitalismo y cambio climático. *Izquierda web.* Recuperado de

http://izquierdaweb.com/capitalismo-y-cambio-climatico/

Dos Santos, T. (1980). *Fuerzas productivas y relaciones de producción: un ensayo introductorio.* Recuperado de

http://ru.iiec.unam.mx/3080/1/02FuePro.pdf

Duménil, G. (2015). Las corrientes anticapitalistas en China. *Viento Sur*, recuperado de

https://vientosur.info/las-corrientes-anticapitalistas-en-china/

Espinosa, M.A (2015). Cambio Climático: las contradicciones del capitalismo contemporáneo en la producción de maíz en México. Polis, *Revista Latinoamericana*, 14(40). Recuperado de

https://scielo.conicyt.cl/pdf/polis/v14n40/art17.pdf

IPCC. *Cambio Climático: Informe de síntesis. Febrero de 2016.* [Imagen] Recuperado de

https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia-sintesis-resumida_tcm30-376937.pdf

Harvey, D. (2020). *Razones para ser anticapitalistas. Buenos Aires,* Recuperado de

http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20200430034259/Razones-para-ser-anticapitalistas.pdf

Hernández, M. (7 de mayo de 2018). Los 80 millones de pobres y los 16 multimillonarios de Forbes la encrucijada. *Revista electrónica Reversos*. Recuperado de

http://reversos.mx/los-80-millones-de-pobres-y-los-16-multimillonarios-de-forbes-la-encrucijada-2018/

Lowy, M. (2003). Progreso destructivo: Marx, Engels y la ecología. Recuperado de

http://www.estudiosecologistas.org/documentos/reflexion/Ecosocialismo/progresodes.pdf

Mair, S. (31 de marzo de 2020). Cambio climático y capitalismo. Una mirada política marxista. *Revista electrónica "Contra el Diluvio".* Recuperado de

https://contraeldiluvio.es/cambio-climatico-y-capitalismo-una-mirada-politica-marxista/

Lukács, G. (1970). *Historia y conciencia de clases*. Recuperado de

https://www.marxists.org/espanol/lukacs/1923/hcc.pdf

Marshall, T. H., y Bottonmore. (2007). Ciudadanía y clase social. Madrid, España: Alianza Editorial.

Marx, C. (2000): Critica del Programa de Gotha. Recuperado de

http://190.186.233.212/filebiblioteca/Ciencias%20Sociales/Karl%20Marx%20%20Critica%20del%20programa%20de%20Gotha.pdf

Marx, C. (2008a). *El Capital* Ciudad de México, México: Editorial Siglo XXI

Marx, C. (2008b). Contribución a la Crítica de la Economía Política. Ciudad de México, México: Editorial Siglo XXI.

ONU (2016). *Cambio Climático: Informe de síntesis. Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático*. Recuperado de

https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia-sintesis-resumida_tcm30-376937.pdf

ONU (2017). *Declaración de Quito sobre Ciudades y Asentamientos Humanos Sostenibles para Todos*. Recuperado de http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf

OMS (2018). Directrices de la OMS sobre vivienda y Salud resumen de orientación. Recuperado de

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/279743/WHO-CED-PHE-18.10-spa.pdf

Orozco, E. y Guzmán, S. (2015). Reflexiones sobre la habitabilidad de la vivienda social. El Área Metropolitana Centro Occidente, Colombia. Revista Electrónica. *Bitácora Urbano Territorial* (25)1, 27-35, Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74841604003

Seccia, O. (2009). *La cosificación como matriz de la ideología en Lukács y su reformulación en el pensamiento de Adorno,* recuperado de https://www.aacademica.org/000-089/244.pdf

Silva, I. (2010). Crisis ecológica y subsunción real de la naturaleza al capital. *Iconos. Revista de Ciencias Sociales*, 36, 69-80. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/509/50912885006.pdf

Silva, R. (2014). La suerte de un clásico: el caso de Thomas Humphrey Marshall. *Revista CS,* 13, 361-386, Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/4763/476347225012.pdf

Union of concerned Scientist. Las emisiones de dióxido de carbono por país. [Imagen] 20 de enero de 2020, Recuperado de *https://es.ucsusa.org/resources/emisiones-de-co2-por-pais*

Villalobos, A. (2015). Los tiempos de Walter Benjamín. *Revista electrónica Errancia.* Recuperado de

https://www.iztacala.unam.mx/errancia/v11/PDFS_1/POLIETICAS%20TEXTO%207.pdf

Zulaica, L. y Celemín, J.P. (2008). Análisis territorial de las condiciones de habitabilidad en el periurbano de la ciudad de Mar del Plata (Argentina), a partir de la construcción de un índice y de la aplicación de métodos de asociación espacial. *Revista de* Geografía. *Norte Grande*, (41), 129-146 Recuperado de

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022008000300007

CAPÍTULO 4

HABITAR LOS ESPACIOS: topofilia y espiritualidad

Suárez B.[1] y Gutiérrez B.[2]

[1] Maestro en Ciencias Ambientales y Estudios de la Sustentabilidad. Co fundadora de Ecotapatío Consultoría e investigación. Integrante de la Red de Expertos en educación para el desarrollo sustentable (ESD Network). balvare@ecotapatio.org; bsuarez.alv@gmail.com.

[2] Doctora en Biología y en Educación. Docente e investigadora en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto Politécnico Nacional - CIIEMAD. bgutierrezb@ipn.mx

"Los turistas recorren no lugares vaciados de sentido,
mientras que los peregrinos están ligados a lugares que
congregan y vinculan a los seres humanos.
La congregación es el rasgo esencial del lugar"
Byung-Chul Han. La desaparición de los rituales.

Resumen

La manera en la que el ser humano interactúa con el entorno, y con los ecosistemas como parte de este entorno, se define a partir de los vínculos intangibles que establece con ellos. El sentido del lugar, la topofilia y la espiritualidad, son dimensiones que explican estos vínculos como una necesidad humana de generar arraigo y sentido de pertenencia. Los servicios ecosistémicos son la forma en la que se ha intentado describir y valorar los beneficios que los ecosistemas proveen al bienestar humano. En este sentido, el valor otorgado a los servicios culturales, entre los cuales se incluye el apego y la espiritualidad, se ve notablemente disminuido. En este capítulo se busca describir la importancia de los beneficios intangibles de los ecosistemas y destacar la relevancia de incluirlos en la discusión sobre la crisis climática y sus efectos.

Palabras clave: sentido del lugar, apego, topofilia, espiritualidad, servicios ecosistémicos, habitabilidad.

Abstract

The way human being interacts with the environment, and with ecosystems as is defined based on the intangible links that it establishes with them. Sense of place, topofilia, and spirituality, are dimensions that explain these links, as a human need to generate roots and a sense of belonging. Ecosystem services are the way to describe and value the benefits that ecosystems provide to human well-being. In this sense, the value given to cultural services, which includes attachment and spirituality, is noticeably diminished.- This article seeks to describe the importance of the intangible benefits of ecosystems and highlight the relevance of including them in the discussion about the climate crisis and its effects.

Key words: sense of place, place attachment, topofilia, sprituality, ecosystem services, habitability

Introducción

En la reflexión sobre la emergencia ambiental y climática, cabe profundizar en el análisis de la relación del ser humano con su entorno. Partimos de reconocer la propuesta de los Servicios Ecosistémicos como una herramienta para comprender esta relación, pero que no es suficiente. En el intento por valorizar y mercantilizar estos servicios, los servicios culturales ocupan un lugar secundario. En otras palabras, se privilegia la supervivencia por encima del desarrollo pleno e integral del ser humano.

Aunque la espiritualidad se identifica como uno de los servicios culturales de los ecosistemas, no es algo que se puede extraer, sino una manifestación de la necesidad profunda del ser humano, de establecer un vínculo con el entorno, hasta que se asume como parte de él y viceversa. Es a través del sentido del lugar y el apego, que se construye este vínculo intangible.

Es nuestro interés y propósito, describir a partir de un meta-análisis teórico y de diversas investigaciones, la importancia del apego al lugar y la espiritualidad, así como la relación que existe entre estos grandes elementos con el bienestar humano, en un contexto de cambio climático.

1. Servicios ecosistémicos

Hoy en día, es clave entender los fenómenos del cambio climático y las propuestas de sustentabilidad, entre otras situaciones de gran calado y complejidad, y esto sólo puede hacerse desde la concepción del indisoluble vínculo sociedad-naturaleza, que se entiende desde diferentes ontologías. Uno de los marcos más aceptados es el de los servicios ecosistémicos, que no por ello es una propuesta perfecta. En nuestra opinión, se trata de una propuesta utilitarista de la naturaleza, que escinde al ser humano de ella, aunque reconoce un vínculo entre los dos entes; y es antropocéntrica, pues atribuye un valor a los servicios que proveen los ecosistemas, por su aportación a la especie humana. Otra crítica importante a este marco es la fuerte presencia de la epistemología científica occidental (Constant & Taylor, 2020).

El término “servicios ecosistémicos”, se popularizó a partir de la publicación de los resultados de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, MEA por sus siglas en inglés, (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En este informe realizado en el marco de la Convención de Diversidad Biológica (CBD), se describe la situación en ese momento de los ecosistemas, los cambios que sufrieron y su

impacto en el bienestar humano. Para destacar y hacer patente la relación de dependencia con la naturaleza, se clasifican estos servicios de acuerdo con los beneficios que se obtienen, en: servicios de provisión (alimentos, madera, fibras textiles), regulación (temperatura y clima), culturales (recreación, belleza estética, bienes espirituales), y de soporte (formación de suelo, fotosíntesis, ciclo del agua). Algunos análisis posteriores excluyen a estos últimos, pues se considera que son el sustento de los otros tres (Rincón-Rúiz, A., et al., 2014); esta exclusión obedece principalmente a la intención de cuantificar y monetizar los servicios, y evitar la doble contabilidad.

La motivación subyacente en la valoración de estos servicios, es generar conciencia con miras a la conservación y restauración de los ecosistemas (Motiejūnaitė, et al., 2019). En términos de cambio climático, muy probablemente los servicios de regulación son los más subrayados para su conservación y restauración, y por tanto, para definir las áreas naturales protegidas, pero como Hummel et al. (2019) señalan, es momento de considerar los servicios ecosistémicos y bienestar humano, en el diseño de acciones de protección. Así también, el enfoque de "Soluciones Basadas en Naturaleza", propone diseñar estrategias para hacer frente a la crisis ambiental, climática y social, dirigidas al fortalecimiento y restauración de los ecosistemas (UICN, 2020), tal es el caso de la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE).

El MEA (2005), definió los servicios culturales (SC) como los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas, a través de la satisfacción espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, entretenimiento y experiencia estética; se incluye también el conocimiento tradicional como servicio y como un elemento a considerar en el desarrollo sustentable. Los SC son los de mayor controversia (Motiejūnaitė, et al., 2019) y sub-investigación (Chan et al., 2012; Milcu et al., 2013 citados por Gladkikh, 2019) (Pert et al., 2014) pero no por ello menos importantes. Una forma de dimensionar la relevancia de los servicios intangibles que aportan los ecosistemas, es analizar lo que implicaría perderlos. La degradación o destrucción total de un ecosistema, no solo repercute en la supervivencia de las especies, también tiene impactos en la identidad de grupos sociales, en las prácticas y conocimientos ancestrales, en el tejido social. Por otro lado, diversos estudios empíricos documentan el bienestar psicológico y la experimentación de sensaciones positivas, por el contacto con la naturaleza, incluso en la salud mental (Braun, T. & Dierkes, P., 2016; Windhorst, E. & Williams A., 2015; Marselle, M.R et al., 2019).

Es pertinente mencionar que al hablar de ecosistemas, se alude solo a espacios naturales o naturalizados, desdeñando los asentamientos humanos (ciudades *sensu lato*[1]) como ecosistemas y los servicios ambientales asociados. Los más avanzados, al proponer las ciudades como sistemas socio ecológicos, lo hacen apelando a la presencia de áreas que emulan la naturaleza, como las áreas verdes, granjas urbanas, jardines en casas o escuelas (véase Gladkikh, Gould & Coleman, 2019; Enssle & Kabish, 2020), sitios históricos o culturales. Estos últimos, también reducidos a aquellos de valoración colectiva, con muchos años encima y definidos de arriba hacia abajo, desestimando los lugares de historia personal, de culturas populares y tribales entre los que caben los bajo puentes, cines, teatros, parques de diversiones, metro, trolebús, mercados, tianguis, panteones, bancas, candilejas, y otros elementos de mobiliario e infraestructura urbana, ambién proveen de servicios asociados con el bienestar humano.

En el reporte del MEA (p.4), también se describe la relación que cada uno de los servicios mantiene con cada uno de los componentes del bienestar humano (Seguridad, bienes básicos para una buena vida, salud y buenas relaciones sociales), y se distingue la intensidad de estos vínculos. De acuerdo con este esquema los servicios ecosistémicos culturales, se vinculan débilmente con el acceso a bienes básicos para una "buena vida", y medianamente con la salud y con las buenas relaciones sociales. Mientras que no se establece relación alguna entre el resto de servicios y la dimensión social del bienestar. Lo anterior significa, por un lado, que se prioriza el bienestar individual, y por otro, que se infravalora la relevancia de los servicios culturales; lo cual tiene profundas implicaciones, sobre todo, en el momento de evaluar los servicios ecosistémicos para la toma de decisiones y de manejo de los ecosistemas.

En suma, el marco teórico sobre ecosistemas y servicios se queda corto, y habla de la colonización conceptual desde la ecología, como área de la biología, y su urgente reconfiguración en el que, incluyendo los conocimientos biológicos, nutra el campo con aportes de todos los campos científicos y humanísticos, para profundizar en el entendimiento de la relación entre el ser humano, otras especies y los ecosistemas.

2. Topofilia

La forma en la que el ser humano se relaciona con el entorno y los espacios –naturales o construidos- tiene un papel muy importante en la experiencia y vida humanas. El sentido del lugar, es decir, el conjunto de emociones y significados que se le atribuyen a un espacio, de manera individual

1 Entre los urbanistas y sociólogos prima una discusión conceptual respecto a *civitas y urbs* Castro et al, 2003), como realidad social, expresión territorial, diferenciación de actividades económicas y otras variables. Nosotras usaremos ciudad en un sentido amplio como toda agrupación de personas asentadas en un lugar determinado sin tomar en cuenta la cantidad de ellas para su nombramiento. Esta postura está motivada y fundamentada en proponer que ese asentamiento sea considerado un ecosistema en sí mismo.

o colectiva, determina en gran medida la manera de interactuar con él. Desde la perspectiva de la Geografía humana, un lugar es un espacio de significado que se construye, a partir de las experiencias vividas en momento y un contexto determinados, es el medio que empleamos para entender el mundo (Cresswell, 2004), y podría decirse, de apropiarnos de él. En tanto a construcción humana, los límites espaciales del lugar son fijados arbitrariamente, como resultado del significado que se le atribuye. De esta manera, el lugar cobra sentido como un fenómeno referido a las actitudes, significados y formas de vivirlo (individual y colectivamente) y que denota apego, identificación y sentimientos de pertenencia e interiorización. Cuando se establece este vínculo, comienza un proceso de transformación bidireccional. Con el tiempo se agregan las vivencias, se van ensamblando recuerdos con sensaciones, se adhieren a las experiencias vividas olores, melodías, sabores, huellas de texturas en las manos, y ese espacio se convierte en "nuestro lugar".

El geógrafo Tuan (1974), propone una nueva palabra para referirse al conjunto de manifestaciones de afecto por los lugares: *topofilia,* que podría reconocerse como una dimensión del sentido del lugar. Para él, la percepción sensorial establece la primera conexión con el lugar, a partir del asombro y la sorpresa. El autor señala el cuerpo como el referente principal para interactuar con los lugares, y reconoce asimismo que el cuerpo es también un lugar. Por supuesto, los lugares se experimentan de distinta forma, y son muchos los factores que intervienen en el desarrollo del apego o desapego; la edad, el sexo, el bagaje cultural, la historia personal son algunos de ellos.

Además del vínculo con los sentidos, las relaciones interpersonales y los lazos que se generan a partir de la convivencia, son relevantes en la formación del afecto por los lugares. Cross (2004) identifica un apego comunitario, para el cual establece distintos niveles según su intensidad, estos van desde la cohesión, hasta el sentimiento de *sin lugar*, lo que Relph (1976) llama *existential insideness,* que constituye una profunda sensación de pertenencia y compenetración con el lugar, versus *placelessness* o *existential outsideness*¸ o sea la carencia de significado y arraigo. Mientras que la primera es una sensación de bienestar y seguridad, es decir, de "estar en como en casa"; la segunda, es más bien incómoda.

Nos relacionamos con los lugares que apreciamos por distintas razones, desde diferentes dimensiones del ser. Hay apegos que nacen por una historia familiar o comunitaria, por lo que se obtiene de cierto lugar (como recursos para sobrevivir o para generar dinero), hay lugares sagrados por tradición a los que se les tiene respeto y devoción, hay también mitos que sostienen el apego. Lo cierto es que necesitamos de los lugares como de la rutina para sentirnos seguros, para echar raíces. Llegar a un espacio desconocido suele provocar, además de excitación, incertidumbre y confusión. Para sobrevivir requerimos de apropiarnos poco a poco del espacio, estableciendo hábitos, dejando

algo de nosotros y nosotras, compartiéndolo con otros. En este proceso de adopción de un lugar, los rituales son muy importantes, ya que fortalecen el apego "reafirmando la relación duradera entre las personas y el lugar" (Relph, 1976, p.32). Estos rituales no necesariamente interpelan a una religión, sino que representan acciones simbólicas que se repiten, pero que denotan una conexión profunda con el lugar. Es comprensible entonces, entender por qué la humanidad atraviesa un período tan crítico en términos de *des-lugarización*. La vorágine que arrastra un sistema que demanda producción constante, plantea el filósofo Byung-Chul Han (2020), no permite que se tenga el tiempo para establecer vínculos con los lugares; se ha sustituido la durabilidad por la necesidad de novedad constante, los rituales se van perdiendo, y con ello la posibilidad de "instalar un hogar", de transformar "el <estar en el mundo> a un <estar en casa>" (p. 7).

Los ecosistemas pueden ser también esos lugares por los que desarrollar topofilia, y por lo tanto, es posible reconocer el apego como un servicio ecosistémico que no es sencillo de cuantificar, pero que es necesario destacar, por su relación con el bienestar y también porque está fuertemente asociado con la motivación para involucrarse individual y colectivamente en la mejora de los lugares; en otras palabras, se suele actuar para cuidar aquellos lugares que nos importan, así lo demuestran varias investigaciones que han establecido esta relación (Devine-Wright, P.,Prince, J. & Leviston, Z., 2015; Jorgensen & Stedman, 2006). De manera particular, la topofilia por los espacios naturales, conocida también como biofilia o la afinidad emocional por el contacto con la naturaleza, interviene en la adopción de comportamientos de conservación y protección (Collado, S., Corraliza, J., Staats, H., & Ruíz M., 2015; Junot, A.,Paquet & Martin-Krumm, 2017; Mc. Pherson & Mayer F.,2013).

Ante las amenazas climáticas, las catástrofes, las crisis sanitarias y el miedo que provoca la incertidumbre, la sensación de arraigo, la topofilia y biofilia son mecanismos de resiliencia, y en estos mecanismos la conexión espiritual con los lugares tiene un papel fundamental.

3. Espiritualidad

Cross (2001) plantea que para entender el concepto de sentido del lugar, es necesario abordarlo desde dos aspectos: la relación con el lugar y el apego comunitario. Durante cuatro años realizó entrevistas a personas de la ciudad de Nevada, para entender su sentido del lugar. Con los resultados de estas entrevistas, identificó seis maneras de relacionarse con el lugar según el tipo de vínculo: biográfica, espiritual, ideológica, narrativa, mercantil y dependiente. De estas categorías, la espiritual la define como una relación intuitiva, caracterizada por un sentimiento profundo de pertenencia, en la que las personas se reconocen en el lugar y al lugar en sí mismas. La relación espiritual con el lugar implica apego, amor y biofilia, pero los supera, el lugar se interioriza, hasta que la separación entre persona y lugar se diluye.

La espiritualidad está incluida en la categoría de servicios ecosistémicos culturales, como parte de los beneficios intangibles, se le asocia principalmente con ritos y ceremonias que son importantes en la formación de comunidad, de grupos sociales que se asientan o que mantienen una relación más íntima con los ecosistemas. Sin embargo, el enfoque no deja de ser utilitario, si bien se reconoce que estos servicios son importantes a escala local, su importancia radica en la posibilidad de involucrar a las personas en su cuidado, por el valor espiritual que le otorgan, y no así porque tengan un valor en sí mismos y para el bienestar humano. Los ecosistemas ofrecen un espacio para la contemplación, para pensar en calma, para despejar la mente y esto repercute en la salud mental y emocional; la generación de vínculos profundos con la naturaleza desde la espiritualidad, es una necesidad humana.

La valoración de los servicios ecosistémicos, ha tenido su máxima expresión en la muy deficiente monetización de los servicios de provisión y regulación, pero prácticamente ha quedado ausente en los culturales, a pesar de la existencia de métodos indirectos y contingentes (Hummel et al., 2019) debido a que se trata de beneficios inmateriales (Gould & Lincoln, 2017), dependientes de la experiencia subjetiva, que va más allá de lo percibido por los sentidos (Johansson, Pedersen & Weisner, 2019) y muy heterogéneos (Gladkikh, Gould & Coleman 2019).

Gould & Lincoln (2017) al revisar las clasificaciones de los mismos, sintetizan en trece los servicios culturales: espiritualidad, recreación, estética, artística, herencia cultural, educación, relaciones sociales, sentido de lugar, existencia, sistemas de conocimiento, diversidad cultural, identidad y legado, salud mental. De esta revisión, es notoria la presencia de la espiritualidad y la recreación en todas las propuestas. Es pertinente mencionar que los autores defienden la inclusión de tres servicios culturales: ingenuidad[2], enseñanzas de vida[3] y perspectiva[4], como nuevos constructos que pudieran subsumirse en alguno otro, y refieren ingenuidad con inspiración, enseñanzas de vida con educación y perspectiva con espiritualidad expandida.

En 2018, Haines-Young & Postchin retiran las relaciones sociales de los servicios culturales, por considerar que buenas relaciones no solo son temas culturales, sino que pueden ser determinadas

2 En nuestra opinión correspondería más con creatividad o imaginación pues se refiere a la generación de ideas, aproximaciones o prácticas novedosas, aunque los autores lo delimitan a reproducir los modelos de la naturaleza como biomimética y en nuestra opinión la creatividad producida permea todos los campos.

3 Los autores señalan que las plantas y animales tienen mucho conocimiento que darnos, signamos esta propuesta, pero nos parece limitada pues solo corresponde al principio ecológico de la biofilia para extraer información de la naturaleza, compartimos en mayor medida la propuesta de que la naturaleza nos brinda la posibilidad de ubicar nuestro lugar en el mundo, nuestra pequeñez y fragilidad humana.

4 En completo acuerdo con los autores en su propuesta de humildad humana, empatía, felicidad, mente en calma y crecimiento cognitivo.

por otros factores, como por ejemplo, los servicios de regulación. Lo rescatable del trabajo es la urgente necesidad de discutir el tema, para reelaborar los servicios culturales.

Gladkikh, Gould & Coleman (2019) coinciden con Gould & Lincoln (2017) en quince de los servicios, a la vez que agrega "salud mental" y elimina "diversidad cultural". De manera que, dando espacio para todas las menciones, se reconocen diecisiete servicios culturales. Algunos autores proveen datos sobre su jerarquización, por ejemplo Van Berkel & Verburg (2014), encontraron que belleza (4.7) y recreación (4.16), son lo más importantes, y la espiritualidad la menos (2.38).

Los autores reconocen que la distancia física del lugar de estudio, es un elemento determinante en la valoración de la espiritualidad. Los que viven cerca del lugar, valoran la espiritualidad más alto que los que viven lejos, esto habla del nivel de sentido de lugar y topofilia, que se construye en la interacción, hecho que la psicología ambiental ya había propuesto y la sabiduría de los dichos populares sintetiza, de forma preclara "amor de lejos es de pen…sarse".

En el mismo sentido de baja importancia de la contribución de los ecosistemas a la espiritualidad, están los resultados de Gladkikh, Gould & Coleman (2019), quienes reportan un bajo porcentaje (17%) de trabajos con menciones a la espiritualidad, por su parte, Johansson, Pedersen & Weisner (2019), en su estudio, ubican la espiritualidad con valoraciones cercanas a cero. Cabe mencionar que estos últimos autores categorizan la belleza estética (sic), la belleza material, la identidad, las relaciones familiares por separado de la espiritualidad, lo que nos permite aventurarnos a revalorizar su dato sobre la espiritualidad, en virtud de que cabe la posibilidad de que autor y respondentes, equiparen espiritualidad y religiosidad, sinonimia por demás frecuente en varios estudios, sea el caso de Motiejūnaitė, et al. (2019), quienes al ensalzar la biota del suelo hacen referencia de su vínculo con la espiritualidad, al reconocerlo en el árbol de la vida de las religiones indo-Europeas.

Se reconoce que los pueblos originarios, guardan importantes saberes espirituales (véase Constant & Taylor, 2020). Si bien la inclusión de estos pueblos asentados en las áreas naturales, se justifica por su conocimiento tradicional de la naturaleza (Hummel et al., 2019), es menester superar esta limitación y recuperar su mirada de compromiso con los ecosistemas, más que los servicios que obtienen de ellos (Pert et al., 2014). Para ellos, sus formas de organización y gobierno están permeadas por ritos y rituales religiosos (espirituales), de conexión e identidad con la naturaleza, haciendo una unidad hombre-naturaleza; sociedad-naturaleza, rompiendo con la otredad y asiendo la propuesta del *yotro* (Gutiérrez-Barba, 2016), que expande al ser y contrae su descripción gramatical del yo y el otro, hacia el "yotro".

Estamos haciendo un pronunciamiento público, de que la espiritualidad está sobre simplificada y sub estudiada al situarla como creencias religiosas, aseveramos que hay saberes en los pueblos originarios que han sido menospreciados y alertamos a cuidar que no caigamos en otro extremo (movimiento de péndulo), que por reconocer esos saberes, nos conduzca a desdibujar los de los pueblos mestizos, hibridados culturalmente. Reconocemos que la espiritualidad es un campo que requiere desbroce, que se construye y reconstruye, y para el cuál no existe un objeto epistemológico permanente, que permita anotar en pocas palabras la definición de espiritualidad, pero valga una parada técnica para sustentar nuestra opinión.

Se pueden mencionar diversos tipos de espiritualidad: teística, ritualística, existencial, religiosa, mística, política-ideológica, fenomenológica, intrapersonal, interpersonal (Mc Sherry & Cash, 2004; Webb, Toussant & Dula, 2014; Rudilla, Galianad & Barreto 2015). En algunos de ellos (teística, religiosa y ritualística) hay presencia de deidades y en todos los tipos, hay una relación que osadamente mencionamos como caracterizada por uno o varios de los principios de la biofilia, pero que son insuficientes para hablar de espiritualidad pues demeritan la relación con otras personas, con lo no vivo construido por el ser humano y con lo ya no vivo, y que ciertamente la teoría del sentido de lugar si lo incorpora. Es decir, la teoría del lugar plantea un vínculo del ser humano con todos los elementos (tangibles e intangibles) del lugar, a diferencia de la teoría de la biofilia que plantea relación con únicamente elementos bióticos. Constant & Taylor (2020) documentan la conexión con los espíritus de los muertos, que residen en áreas naturales de acuerdo a la cultura Vhavenda.

Espiritualidad, se vincula fuertemente con emociones, valores morales, valores estéticos y otras vetas todavía no nombradas, aunque conocidas y reconocidas fenomenológicamente, como el sentido de la vida. Y valga aquí prestar el acercamiento de Jung (2016:15), quien habría de señalar que “el espíritu es portador del fenómeno de la vida” y la vida es la naturaleza, es el ser humano individual, es la sociedad y nos permitimos matizarlo, Pues es la vida en el pasado, en el presente y en el futuro.

Por lo anterior, el abordaje actual de la espiritualidad dentro de los servicios ecosistémicos es insuficiente y deficiente. Insuficientes porque la espiritualidad abarca más que la relación con la naturaleza, pues se experimenta en áreas construidas y en todas las relaciones que establece el ser humano. Es deficiente porque ve a la naturaleza como proveedora para el ser humano y no como el mismo ser humano. Desde nuestra postura respecto a la espiritualidad, el ser humano es un ser espiritual de conciencia expandida.

La inconmesurabilidad, conectividad, magicidad, descubrimiento de uno mismo, co-emergencia con otros servicios culturales son características de la experiencia espiritual ya reconocida con anterioridad (Sanna & Eja, 2017).

4. Los ¿desplazados?

Los pueblos originarios, han sido entre los principales desplazados de su lugar cuando éste se declara como Área Protegida (Hummel et al 2019) y hay varios estudios al respecto, sin embargo, la migración global debida a las atrocidades del cambio climático es infrecuentemente estudiada (Gladkikh, Gould & Coleman (2019). En 2018 los tres países más afectados de acuerdo al índice de riesgo climático, fueron Japón, Filipinas y Alemania (Eckstein et al, 2019) con condiciones socioeconómicas distintas pero que comparten, como prácticamente la totalidad de los países[5], un crecimiento de la población urbana, de acuerdo a datos del Banco Mundial (2020).

En nuestra opinión, hay tres cambios conceptuales asociados a estos fenómenos. El primero es la conceptuación de ciudad, el segundo es sobre el desplazamiento y el tercero respecto a las afectaciones humanas. El primero ya se había mencionado, es la conceptuación de las ciudades como ecosistemas y la visualización de sus servicios, que el ser humano ha construido material y simbólicamente, y la pérdida parcial o total de ellos ante desastres climáticos.

El segundo, es la pronunciación del fenómeno. Desplazarse apela a moverse de un sitio a otro y entraña una denotación superflua, pues desdibuja la desposesión del ser, a tal grado que el ser, ese ser en particular, en su unicidad, deja de ser. No es por tanto un fenómeno migratorio sino ontológico. Si esto es cierto, entonces los seres humanos que se han movido de sitio no son desplazados, sino destrozados y en peligro de extinción, pues son añicos lo que queda de ellos, al perder ese lugar, pierden su identidad, sus rituales, su lugar en el mundo, su bienestar. Sanna & Eja, (2017) subrayan la importancia de la particularidad pues el vínculo no es con un tipo de lugar, sino con un lugar específico.

Finalmente, el tercero es que al moverse, no solo se involucran procesos psicológicos como lo refieren Johansson et al., (2019), sino de toda la intangibilidad cargada de significantes, significados,

5 Del total de 218 países solo 12 (Ghana, Isla Man, Isla del Canal, Liechtenstein, Mauricio, Micronesia, República Checa, Saint Kitts y Nevis, Samoa, Santa Lucía, Sri Lanka y Tayikistán) muestran invariación o decrecimiento de población urbana

símbolos y simbolismos del ser humano, a saber, relaciones, emociones, valores estéticos, valores morales, sentido de la vida, cognición (memoria, reflexiones, historia), tradiciones, rituales, que como hemos tratado de demostrar, son experiencias espirituales, que no se refieren exclusivamente con retomar prácticas anteriores como insinúan Rishbeth & Powell (2013).

Para los destrozados por el cambio climático, no basta con reubicarlos en un sitio con techo, comida, servicios religiosos, de salud y educación, -que es la lógica de restitución que se ha aplicado absurdamente ante las pérdidas, como el caso de la instalación de plantas de tratamiento al deforestar mangles- es necesario el apoyo para recomponerse y resignificarse, como un ser nuevo con un nuevo lugar. Superar el duelo de perderse a sí mismo para reinventarse y no solo para adaptarse. La habitabilidad no está fuera del sujeto, ni responde a procesos de estandarización, la habitabilidad es una construcción tejida con tangibles y la intangibilidad mencionada en el párrafo previo.

Conclusión

Conservar los lugares es conservar al ser humano. Para todos los tipos de servicios ambientales, la monetización es uno de los principales retos. Por ejemplo, en los servicios de provisión, cuyo valor de mercado no define la capacidad del ecosistema para proveerlo, complejiza su valoración, para la existencia de impuestos, subsidios y otras reglas (Hummel et al., 2019). Si esto es así para los servicios de aprovisionamiento, para los servicios culturales es un grado menos que imposible, si asumimos como cierta la premisa de que el ser humano y el lugar son uno mismo, por ello, adherirse a Sana & Eja (2017) es pertinente, y hay que dejar de hablar de valoración y hacerlo sobre la significación.

Es claro que la definición de los servicios culturales, especialmente la espiritualidad, amerita desambiguación y el primer paso es desmarcarla como bien conceptual, exclusivo de las religiones. Es también importante, reconocer la topofilia y la biofilia como beneficios de los ecosistemas, íntimamente vinculados con el bienestar humano, y como materia prima en el desarrollo de una relación espiritual con el entorno.

También se han señalado, las limitaciones que entraña conceptuar los ecosistemas y sus servicios, solamente relacionándolos a entornos naturales. Se acentúa la connotación de ciudades como ecosistemas y se han señalado los elementos materiales construidos por el ser humano (no naturalizados) que contribuirían a entender los beneficios inmateriales.

Por otro lado, la academia también enfrenta retos de teorización, conceptuación y evidencia empírica sobre la significación de los servicios culturales, con especial énfasis en la espiritualidad que tradicionalmente ha sido refractada por la mayoría de los campos científicos.

De los acercamientos que hemos presentado, se esboza la hipótesis de que la espiritualidad no co-emerge con otros servicios como lo sugieren Sanna & Eja, (2017) sino que es un servicio construido por el entretejimiento de otros servicios, como la belleza (apreciación de), identidad, relaciones humanas, herencia cultural, perspectiva, sentido de lugar, existencia, lecciones de vida, cognición, mente en calma, salud mental, significado de la vida que entraña también la profundización en sus acepciones.

La crisis de los ecosistemas anunciada desde la MEA, la inminente crisis climática, el debilitamiento del tejido social, son sin duda retos que colocan a la humanidad en una condición de fragilidad. Estamos avanzando hacia una civilización repleta de no lugares y de personas sin lugar. Por lo que, es nuestra postura señalar que los servicios culturales que proveen los ecosistemas, son tan importantes para la Habitabilidad Humana y la Terrestre, como el resto de los servicios. Señalamos de manera particular que la espiritualidad y el apego sean valorados en su justa medida como beneficios intangibles que posibilitan al ser humano desarrollarse en su amplitud y que le permiten explicarse, explicarse el mundo, habitarlo y entender su lugar en él.

Lo presentado en este trabajo y la superación de los retos planteados, tienen aportaciones para los planificadores y tomadores de decisiones en tanto son aspectos a tomar en cuenta para la comprensión del fenómeno, y para el diseño de políticas y proyectos.

Referencias

Banco Mundial (2020). *Población urbana (% del total)*. Disponible en: https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS

Braun, T. & Dierkes, P. (2016). Connecting students to nature – how intensity of nature experience and student age influence the success of outdoor education programs. *Environmental Education Research. 23. 1-13.* doi: 10.1080/13504622.2016.1214866.

Castro M. P. V., Escoriza, M. T., Oltra, P. J., Otero, V. M. & Sanauja, E. (2003). ¿Qué es una ciudad? Aportaciones para su definición desde la Prehistoria. Scripta Nova. *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. VII,* núm. 146(010). Disponible en: http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(010).htm

Constant, N. L. & Taylor, P. J. (2020). Restoring the forest revives our culture: Ecosystem services and values for ecological restoration across the rural-urban nexus in South Africa. *Forest Policy and Economics.* doi: 10.1016/j.forpol.2020.102222.

Collado, S., Corraliza, J., Staats, H., y Ruiz, M. (2015). Effect of frequency andmode of contact with nature on children's self-reported ecological behaviors. *Journal of Environmental Psychology, 41*, 65-73.

Cresswell, T. (2004). *Place: A Short Introduction.* Malden, Ma. Victoria: Blackwell Publishing.

Cross, J. (2001). *What is sense of place?* 12th Headwaters Conference. Colorado: Western State Colorado University.

Eckstein, D., Künzel, V., Schäfer, L., & Winges, M. (2019) .*Global Climate Risk Index 2020. Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather Related Loss Events in 2018 and 1999-2018.* Disponible en:

https://www.germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/20201e%20Global%20Clim ate%20 Risk%20Index%202020_14.pdf

Devine-Wright, P., Price, J., & Leviston, Z. (2015). My country or my planet? Exploring the influence of multiple place attachments and ideological beliefs upon climate change attitudes and opinions. *Global Environmental Change, 30*, 68-79.

Enssle, F., & Kabisch, N. (2020). Urban green spaces for the social interaction, health and well-being of older people— An integrated view of urban ecosystem services and socioenvironmental justice. *Environmental Science and Policy 109*: 36–44.

Gladkikh, T. M., Gould, R. K., & Coleman, K. J. (2019). Cultural ecosystem services and the well-being of refugee communities. *Ecosystem Services*, *40*, 101036. doi: 10.1016/j.ecoser.2019.101036

Gould, R. K. & Lincoln, N. K. (2017). Expanding the suite of Cultural Ecosystem Services to include ingenuity, perspective, and life teaching. *Ecosystem Services 25* (2017) 117– 127.

Gutiérrez-Barba, B. E. (2016). Bergson y la innovación educativa. En: Monroy y Rodríguez (Ed). *Imaginación y conocimiento. De Descartes a Freud*. México. Editorial Corinter-Gedisa.

Han, Byung-Chul, (2020). *La desaparición de los rituales.* Barcelona, España: Herder.

Haines-Young, R., & M. B. Potschin (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure.* Disponible en: www.cices.eu

Hummel, C., Poursanidis, D., Orenstein, D., Elliott, M., Adamescu, M. C., Cazacu, C., ... & Hummel, H. (2019). Protected Area management: Fusion and confusion with the ecosystem services approach. *Science of the Total Environment*, *651*, 2432-2443.

Johansson, M. Pedersena E., & Weisner, S. (2019). Assessing cultural ecosystem services as individuals' place-based appraisals. *Urban Forestry & Urban Greening 39:* 79–88.

Jorgensen, B. S., & Stedman, R. (2006). A comparative analysis of predictors of sense of place dimensions: attachment to, dependence on and identification with lakeshore properties. *Journal of Environmental Management, 79*, 316-327.

Junot, A., Paquet, Y., & Martin-Krumm, C. (2017). Passion for outdoor activities and environmental behaviors: A look at emotions related to passionate activities, *Journal of Environmental Psychology*, doi: 10.1016/j.jenvp.2017.07.011.

Jung, C. G. (1917/2016). Inconsciente personal e inconsciente suprapersonal o colectivo. Tomado de: Sobre la psicología de lo inconsciente [Obras Completas 7]. En Dorst, B. 2007. C. G. Jung. Escritos sobre espiritualidad y trascendencia, Editorial Trotta, Madrid, España.

Marselle M.R., Stadler J., Korn H., Irvine K.N., & Bonn, A. (2019). Biodiversity and Health in the Face of Climate Change: Challenges, Opportunities and Evidence Gaps. En: Marselle M., Stadler J., Korn H., Irvine K., Bonn A. (eds). *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change.* Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-02318-8_1.

Mc.Pherson, C. & Mayer F. (2013). The importance of connection to nature in assessing environmental education programs. Studies in Educational Evaluation. doi: 10.1016/j.stueduc.2013.10.001

Mc.Sherry, W, & Cash, K. (2004). The language of spirituality: an emerging taxonomy. *International Journal of Nursing Studies 41:*151-161.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human Wellbeing: Current State and Trends. Washington, D.C: Island Press.

Motiejūnaitė, J., Børja, I., Ostonen, I., Bakker, M. R., Bjarnadottir, B., Brunner, I., ... & Lehto, T. (2019). Cultural ecosystem services provided by the biodiversity of forest soils: A European review. *Geoderma*, *343*, 19-30.

Pert, P. L., Hill, R., Maclean, K., Dale, A., Rist, P., Schmider, J., ... & Tawake, L. (2015). Mapping cultural ecosystem services with rainforest aboriginal peoples: integrating biocultural diversity, governance and social variation. *Ecosystem Services*, *13*, 41-56. doi: 10.1016/j.ecoser.2014.10.012i

Relph, E. (1976). Place and Placelessness. Londres: Pion Limited.

Rincón-Ruíz, A., Echeverry-Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo, P. y Zuluaga, P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos.* Bogotá, D. C. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Rishbeth, C. & Powell, M. (2013). Place Attachment and Memory: Landscapes of Belonging as Experienced :2, 160-178. doi: 10.1080/01426397.2011.642344

Rudilla, D., Oliver, A., Galianad, L., & Barreto, P. (2015). Espiritualidad en atención paliativa: Evidencias sobre la intervención con counselling. *Psychosocial Intervention 24:* 79-82.

Sanna, S, & Eja, P. (2017). Recreational cultural ecosystem services: How do people describe the value? *Ecosystem Services 26*: 1–9.

Tuan, Yi-Fu. (2007). Topofilia. *Un estudio de las percepciones, actitudes y valores sobre el entorno*. España: Ed. Melusina.

UICN. (2020). *Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco fácil de usar para la verificación, diseño y ampliación de las soluciones basadas en la naturaleza*. Primera edición. Gland, Suiza: UICN.

Van Berkel, B. & Verburg, P. H. (2014). Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecological Indicators 37*:163– 174.

Webb, J. R., Toussaint, L., & Dula, C. S. (2014). Ritualistic, theistic, and existential spirituality: Initial psychometric qualities of the RiTE measure of spirituality. *Journal of Religion and Health, 53*, 972–985.

Windhorst, E., & Williams, A. (2015). It's like a different world: Natural places, post-secondary students, and mental health. *Health Place. 34*:241-250, doi: 10.1016/j.healthplace.2015.06.002.

CAPITULO 5

HABITABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL EN LAS CIUDADES: género, cambio climático y economía del cuidado.

Fosado E.[1], Chavez-Rodriguez L.[2], Margarita Velázquez M.[3] y Llanos R.[4]

[1] Investigadora Asociada en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. er.fosado@crim.unam.mx

[2] Investigadora en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social Unidad Noreste. libertadchavez@ciesas.edu.mx

[3] Investigadora Titular "B" en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. mavg@unam.mx

[4] Doctor en Ciencias Políticas y Sociales por la Universidad Nacional Autónoma de México. rodrigo.llanos.f@gmail.com

Resumen

Este capítulo aborda las relaciones entre la movilidad, los fenómenos hidro-meteorológicos y la salud y realiza un primer ejercicio para comprender cómo, las desigualdades sociales se intersectan con los fenómenos naturales derivados del cambio climático e impactan la vida social y urbana cotidiana. Se argumenta que estas intersecciones permiten comprender la complejidad socio ambiental urbana y así como el conjunto de prácticas de cuidado que expresan las normas de género que obstaculizan el ejercicio de los derechos de las mujeres y contribuyen a reproducir relaciones de poder, sociales y de género, que perpetúan patrones de desigualdad. El capítulo propone una ruta metodológica con el fin de señalar analíticamente el modo en que se articulan e imbrican los procesos de desigualdad y degradación ecológica. Finalmente, se muestra la pertinencia trabajar conjuntamente los conceptos de habitabilidad y cuidado a fin de estar en posibilidades de orientar la agenda climática hacia un marco de justicia socio ambiental con perspectiva de género.

Palabras clave: cambio climático; desigualdades urbanas; género; relaciones de cuidado

Abstract

This chapter approaches the relationships between mobility, hydrometeorological phenomena and health and makes a first exercise to try to understand how social inequalities intersect with natural phenomena due to global change, and impact the everyday lives of men and women in urban areas. It is argued that these intersections allow us to understand the socio environmental complexity in cities, as well as those social care practices that express a set of gender norms that prevent the exercise of women rights and allow the reproduction of power relations that maintain social and gender inequality gaps. The chapter proposes a methodological strategy that can allow us to understand how inequality processes, care and environmental degradation are interweave and articulated. Finally, it demonstrates the appropriateness of working together the concepts of habitability and care, in order to orient the climate agenda towards a framework that allow us to achieve socioenvironmental justice under a gender perspective.

Key words: climate change; urban inequalities, gender; care relations

Introducción

2020 es un año que marca un hito en la historia de las sociedades modernas colocando el tema de la habitabilidad social y ambiental en el centro de los debates actuales. La pandemia del COVID-19 ha dejado al descubierto las severas consecuencias del predominio de patrones de manipulación e intromisión, de origen antropogénico, en entornos naturales (De la Mora, 2020). Estos patrones, basados en esquemas de producción-consumo, se han estructurado bajo la lógica de economías extractivas de recursos naturales que ponen en riesgo la posibilidad de los seres humanos de habitar en el único planeta cuyas funciones eco-sistémicas permiten sostener la vida como la conocemos. Estos últimos, han favorecido la producción de gases de efecto de invernadero (GEI) de origen antropogénico, acelerando el cambio climático que se expresa en eventos naturales de mayor intensidad, como los que hoy atestiguamos.

Estos modelos se sustentan en formas de organización de la producción y de la reproducción social que favorecen una exorbitante generación de plusvalía a costa de la explotación de millones de trabajadoras y trabajadores, favoreciendo una altísima concentración de la riqueza y del poder político en manos de sectores minoritarios de la población, ahondando con ello las diversas dimensiones de la desigualdad entre personas, grupos sociales y regiones del mundo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018; Cordera y Provencio, 2018 y 2020; ISSC, IDS & UNESCO, 2016; Piketty, T., 2014). Se trata de desigualdades cimentadas en relaciones sociales de poder, entre las que destacan las de género[1], donde lo masculino y lo femenino juegan un papel estructurante en la configuración de las relaciones sociales cotidianas y en donde las actividades que conforman el trabajo del cuidado tiene una función social vital para la reproducción cotidiana del capital humano. Como lo subrayan Rico y Robles (2016): "El cuidado es un bien público esencial para el funcionamiento de las sociedades, un derecho fundamental y una necesidad en diversos momentos del ciclo de vida."

El cuidado es un concepto reciente y sobre el cual no existe una sola definición[2]. Fisher y Tronto (1990) se refieren a este como todas aquellas actividades que se realizan para reparar, mantener y conservar nuestro "mundo" para que sea posible vivir en él lo mejor que sea posible. Este mundo incluye nuestros cuerpos, nuestro ser y nuestro ambiente, todo lo cual se entreteje en una red compleja que sostiene la vida[3]. Estas actividades, cuyas características varían entre regiones, sociedades y culturas, incluyen el trabajo doméstico no remunerado, así como el trabajo de crianza y

1 Género entendido como el significado que las sociedades dan al hecho biológico de ser hombre o mujer.
2 El cuidado se comienza a trabajar en los años ochenta del siglo pasado. En el mundo anglosajón, el cuidado es conceptualizados como trabajo de reproducción social.
3 Traducción de las autoras.

de cuidado a personas con necesidades específicas (niñas/niños y adultas/adultos mayores). A pesar de su centralidad para habitar en este planeta, en las discusiones sobre la construcción del futuros sostenibles, el tema del cuidado es muy poco abordado, a pesar de que es sobre estas actividades de reproducción social donde los impactos del cambio climático son muy claras como se discute en este capítulo.

En la lógica de estas propuestas desarrollistas, el crecimiento no planeado del mundo urbano se ha visto favorecido. Para el año 2019, de acuerdo con datos de Naciones Unidas, de los más de 7.7 billones de personas que habitaban el planeta, aproximadamente, el 55.7% (4 billones) se ubicaba en espacios urbanos, porcentaje que, en el caso de América Latina y el Caribe aumentaba al 81%, donde la cifra era de 648 millones de mujeres y hombres. Esta misma fuente estima que la región alcanzará una población máxima de 768 millones en el 2058, año en el que podría comenzar a declinar. En materia de emisiones de GEI a nivel mundial, Rosenzweig et al. (2018), estiman que cerca del 70% de estos gases se generan en las grandes ciudades. En México, de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero, se emiten anualmente cerca de 683 Mt de $CO_{2,}$ mayoritariamente provenientes del sector energético, de donde provienen 171 Mt de dióxido de carbono (CO_2e). De este total el 25.1% se derivan del transporte, siendo el autotransporte la fuente del 23.4% de este último (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2018). La movilidad de las personas, sobretodo en el caso de las grandes metrópolis donde el crecimiento de las ciudades fue desordenado y caótico, es, consecuentemente, una de las principales fuentes emisoras de GEI, como en el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México, donde de acuerdo con el Inventario de Emisiones de la Ciudad de México, durante el 2016 el sector transporte fue responsable del 60.67% del consumo energético. De hecho, esta fuente, estimó que el consumo per cápita de gasolina equivalía a 1,300 litros de gasolina. Este tema se abordará con mayor detalle en el segundo apartado de este capítulo.

Entre los fenómenos naturales extremos que hoy atestiguamos se encuentran las cambiantes pautas meteorológicas que producen severos fenómenos hidro-meteorológicos tal y como se analiza en el tercer apartado de este capítulo[4]. Estos eventos, en el caso de las ciudades, tienen consecuencias económicas y sociales muy negativas para la población, sobre todo entre la que habita en áreas donde las inundaciones son frecuentes debido a la ubicación geográfica de los asentamientos urbanos, a la deficitaria o nula presencia de servicios públicos y a la pobre calidad de la construcción de la vivienda.

4 Estos fenómenos están asociados a procesos atmosféricos que se traducen en precipitaciones extremas, ciclones tropicales, sequías e inundaciones, entre otros.

Como se aborda en la última sección de este capítulo, asociado al cambio climático, hoy se reconoce una mayor incidencia de enfermedades bronco-respiratorias y de contagio por vectores, la reemergencia de otros padecimientos que se pensaban erradicados y la emergencia de nuevos patógenos, como en el caso de la pandemia COVID-19. Esta realidad, además de tener altos costos económicos, esta trastocando la vida de millones de personas y de familias que habitan en las ciudades, donde las grandes aglomeraciones humanas, las desigualdades sociales, la ausencia de sanidad y la falta de acceso a servicios de salud adecuados son parte de los factores que aceleran el ritmo de contagio de las enfermedades. En este contexto, las estrategias de mitigación y adaptación a las "nuevas" enfermedades han hecho más visibles –e incluso ahondan–, las brechas de desigualdad social y de género preexistentes. Con ellas las tareas de cuidado de la salud en el hogar que están mayoritariamente a cargo de las mujeres, han aumentado notablemente, como se discute en el apartado cuatro de este capítulo.

Las megalópolis constituyen pues el hábitat de la mayoría de las personas en el mundo moderno y, representan, al mismo tiempo, grandes aglomeraciones humanas donde viven y habitan millones de seres humanos y donde se generan los grandes retos que enfrentamos para lograr la habitabilidad en el planeta. Al menos en el caso de México, y otros países de América Latina y el Caribe, las ciudades son espacios caóticos, desarrolladas la mayoría de las veces sin criterios de planeación; cuyo crecimiento demográfico es cada vez más de origen social, tendencia que va en aumento ante la precariedad de la vida en regiones rurales o más pobres y que está obligando a millones de personas en todo el mundo a migrar. Son hábitats construidos en donde el cuidado de quienes en ellas habitan recae sobre las mujeres. Son ellas las responsables de sostener la reproducción de millones de personas a través de las tareas domésticas no remuneradas, la crianza y educación de los hijos, el cuidado de la salud de las y los integrantes de familias, el cuidado de colonias y comunidades (Batthyány, 2015; Tronto, 2013; Aguirre, Batthyány, Genta, y Perrota, 2014; Rico y Segovia, 2017). Son básicamente las mujeres de distintas edades y en distintas etapas del curso de vida quienes subsidian la economía de millones de ciudades y países. En México, como la Cuenta Satélite del Trabajo no Remunerado de los Hogares de México lo estima, el valor económico generado por el trabajo no remunerado doméstico y de cuidado de los hogares representa el 23.3% del total del Producto Interno Bruto, cuyo valor en pesos ascendió a 5.1 billones (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]-Inmujeres, 2019).

Las mujeres son las principales cuidadoras de las ciudades. Son las que posibilitan la habitabilidad en espacios construidos donde es cada vez más difícil adaptarse y mitigar los efectos nocivos derivados de los fenómenos ambientales. Visibilizar y entender la economía del cuidado es fundamental para poder habitar este planeta. Es necesario comprender que no es una actividad "natural"; por el contrario, como lo subraya Videgain (2020, p.120) el cuidado es una estructura

social a través de la cual se organiza la vida cotidiana de las personas, para proveerlas de aquello que es esencial para la sobrevivencia.

Atendiendo a todo lo anterior, en el presente capítulo se coloca a la movilidad, los fenómenos hidro-meteorológicos y la salud como temas de reflexión académica y como problemas públicos que demandan atención. Emergen como campos en los que se juega la posibilidad de esbozar un modelo de habitabilidad urbana que favorezca al cuidado como un derecho, la justicia y la sustentabilidad.

1. Movilidad

Las actividades de transporte generan hasta un 14% de las emisiones directas de GEI a nivel mundial y como sector es responsable del uso del 27% de la energía final (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [IPCC, por sus siglas en inglés], 2014; Organización de las Naciones Unidas [ONU]-HABITAT, 2016). De ahí que las estrategias de mitigación frente al cambio climático -desde la escala local hasta la global- estén obligadas a atender este tema.

Paralelamente es importante reconocer también que el uso masivo del transporte motorizado en los espacios urbanos genera otras problemáticas: contaminación del aire y auditiva, estrés, agotamiento, accidentes, aumento en tiempos de traslado, acoso e inseguridad, gastos que impactan al presupuesto de los hogares (Aldred, 2012; Brussel & Zuidgeest, 2012; Van Belzen & Noach, 2017).

Este conjunto de factores incide cotidianamente en el bienestar y la salud de las personas afectando su calidad de vida. Pero el impacto depende de la posición social -marcada por el género, la etnia, la edad, la clase social, entre otros- desde la cual los sujetos se insertan en el espacio público y atienden responsabilidades en la esfera doméstica. En otras palabras, en las prácticas cotidianas de movilidad se expresan -y configuran- procesos de desigualdad y exclusión (Sheller, 2018).

Esto ha sido demostrado en el campo de los estudios de género. Datos a lo largo de tres décadas muestran algunos patrones en ciudades ubicadas en países tanto del norte como del sur global: los hombres suelen realizar viajes más largos y directos (hogar-trabajo) mientras que los desplazamientos de las mujeres son más cortos y atienden a diversos propósitos: compras de alimentos y medicamentos, trámites, trabajo, desplazamiento de personas dependientes; es decir, implican trayectos que articulan el trabajo doméstico y de cuidado, con el trabajo productivo (Jirón, 2017; Law,1999; Uteng, 2012). Aun así, el rango de movilidad de las mujeres suele ser menor, tal

como lo muestra Hanson (2010) es más probable que ellas busquen trabajos cercanos a su lugar de residencia y que se impliquen menos en actividades que exijan traslados mayores a una hora.

Otra tendencia generalizada muestra que las mujeres tienen menor acceso al uso y propiedad de los coches. Considerando las diferencias de clase, las mujeres en posiciones económicas medias y bajas, suelen hacer más viajes a pie y dependen en mayor medida del transporte público, mismo que suele diseñarse para facilitar las actividades productivas y las necesidades de los varones, incluso en sociedades con alto desarrollo económico (Uteng, 2012).

En este contexto, un problema adicional que enfrentan las mujeres es la exposición a la violencia sexual durante los trayectos, como medida de protección ellas suelen definir rutas, horarios y espacios en relación con la seguridad que perciben, siendo el género un factor que contribuye a configurar geografías del miedo (Law, 1999; Soto, 2012; ONU-Mujeres 2019).

Estos patrones observados en distintos países indican que el género marca barreras socioeconómicas, psicoafectivas y culturales que limitan la movilidad de las mujeres estableciendo diferencias tanto en los propósitos de los viajes, las distancias, el tipo de transporte, los horarios, las rutas y los comportamientos. Dichas diferencias expresan y refuerzan procesos de desigualdad: reducen el acceso a oportunidades de educación y empleo, aumentan el tiempo y esfuerzo dedicado a las tareas reproductivas, disminuyen el rango de elección de las mujeres para hacerse presentes y participar en el espacio público, y en consecuencia limitan sus opciones de vida.

Considerando que las prácticas de movilidad de las mujeres tienden a ser más complejas que las de los varones, y que sus trayectos suelen estar vinculados a realización de actividades que buscan satisfacer necesidades de todo el grupo doméstico, es importante considerar el conjunto de condiciones socioculturales, espaciales y políticas que constriñen sus desplazamientos. De ahí que para abordar el tema de la movilidad en un marco de justicia socio ambiental[5], sea necesario tener a la sustentabilidad y al cuidado como coordenadas teórico-metodológicas. Bajo este enfoque se pueden establecer alternativas que contribuyan a construir ciudades más habitables.

5 La justicia socio ambiental es una perspectiva en construcción, tal como lo señala Walker (2012) implica un proceso de discursos y prácticas orientadas a enunciar demandas colectivas respecto a diversas condiciones y situaciones ecológicas que aumentan la desigualdad. Atiende a múltiples dimensiones y componentes, y apunta a construir alternativas basadas en la distribución, la participación y el reconocimiento.

Los estudios de género tienen aportaciones importantes en esa dirección, pues han transitado del enfoque basado en el transporte y las encuestas origen-destino, hacia un paradigma de movilidad donde se está impulsando el análisis de dichos temas. Hanson (2010) ha identificado dos grandes tendencias acerca de cómo se ha abordado la movilidad en los estudios feministas desde la década de 1980 a la actualidad.[6] La primera se ha enfocado en analizar cómo la movilidad configura al género, estudiando las relaciones de poder, la agencia y la identidad. La segunda se caracteriza por el análisis de cómo el género configura a la movilidad, centrándose en el estudio de los trayectos, las formas de transporte, las rutas y los propósitos de los viajes. Para articular estas dos tendencias resulta útil la propuesta de Cresswell & Uteng (2008) quienes argumentan que la movilidad, en tanto movimiento, significado, práctica y potencial de realización, son construidos y reproducidos por las normas de género.

Bajo esta perspectiva, actualmente hay estudios que se avocan al análisis de la movilidad del cuidado (Sánchez de Madariaga, 2013), lo que implica ir más allá de enlistar trayectos que realizan las mujeres para atender tareas reproductivas, sino también abordar los aspectos relacionales y las tensiones emocionales que surgen en la distribución de responsabilidades al interior de los hogares y en la organización para articular las demandas de la esfera productiva y doméstica (Ares, 2012; Jirón, 2017; Murray, 2008).

Paralelamente, los estudios de género están contribuyendo a construir una línea de análisis sobre movilidad sustentable, entendida como aquélla que genera menos contaminantes, reduce el uso de combustibles fósiles, fomenta la equidad en el acceso al transporte, toma como fuente principal de energía aquélla que se produce por el propio cuerpo, facilita la interacción directa con el medio y la corresponsabilidad en la seguridad de quienes se trasladan en el espacio público (Chavez-Rodriguez, Curry, y Treviño, 2018; Deike, 2013; Hanson, 2010).

Al analizar los patrones de viaje de las mujeres, podría señalarse que ellas están más cercanas a este tipo de movilidad (Polk, 2003; Uteng, 2012), sin embargo, esto no deberá interpretarse como una elección asociada a una mayor conciencia ecológica. Como bien lo advierte Hanson (2010) es importante identificar cuando este tipo de trayectos que pueden ser tipificados como sustentables, obedecen a una falta de condiciones o de bajo acceso a recursos.

Para cerrar con este tema, se recuperan algunas propuestas teórico-metodológicas que, desde

6 Por su parte, Jirón y Zunino (2017) han identificado que la investigación sobre género y movilidad urbana en Latinoamérica se ha centrado en la violencia que se experimenta en el transporte público, en el uso diferenciado del espacio público, en la modalidad de transporte utilizado por mujeres y hombres, y en el uso del tiempo.

el campo de los estudios de género y movilidad, resultan útiles para ayudar a construir ciudades habitables que no sólo favorezcan la articulación entre el trabajo productivo y el reproductivo, sino que además promuevan un reparto equitativo de las tareas de cuidado, de las cuales dependen todos los grupos sociales, y sin la cuales no podrían sostenerse las ciudades (Segovia y Rico, 2017).

Primera, es importante transitar del enfoque centrado en el transporte hacia uno de movilidad que tenga en cuenta los componentes sociopolíticos, de infraestructura, políticos, culturales y afectivos expresados en los trayectos, identificando condiciones que limiten las oportunidades de las mujeres (Cresswell & Uteng, 2008). Segunda, sostenemos que es prioritario incorporar en el diseño del transporte tres criterios para identificar patrones diferenciales de género en cuanto al 1. acceso (opciones y condiciones al alcance de las personas; 2. competencias (habilidades para uso de distintos transportes); y 3. apropiación (identificar necesidades y percepciones de los recursos necesarios para la movilidad (Kaufmann, Bergman, & Joye, 2004). Una tercera propuesta es aquella que busca impulsar sistemas de movilidad que consideren las necesidades familiares, no solo individuales, de acuerdo a los patrones de la división sexual del trabajo y las normas culturales que constriñen la movilidad de las mujeres (Law, 1999). En cuarto lugar, consideramos necesario favorecer formas de transporte colectivas, no motorizadas y seguras (Hanson, 2010). Finalmente, hay que transversalizar la perspectiva de género en las políticas urbanas y de transporte.

2. Fenómenos hidro-meteorológicos

A escala planetaria se espera que los fenómenos hidro-meteorológicos extremos ocurran con mayor frecuencia e intensidad como consecuencia del cambio climático global (IPCC, 2012; Mal, Singh, Huggel, & Grover, 2018). Esta tendencia pone en peligro la habitabilidad humana en los lugares y regiones afectadas e incrementa la vulnerabilidad de ciertos individuos y grupos sociales según su posición social en términos de su ciclo de vida y de las condiciones de discriminación, exclusión y marginación a las que están sujetos.

La investigación sobre género y desastres relacionados con fenómenos hidro-meteorológicos extremos ha demostrado que existen nexos importantes entre el género y la vulnerabilidad social ante el impacto de amenazas como olas de calor y lluvias torrenciales y sus consecuencias –sequías, inundaciones, anegamientos, deslaves–, como la interrupción o intermitencia de suministros vitales como alimentos, agua y servicios públicos, daños materiales privados y en la infraestructura pública, daños a la salud y pérdidas humanas.

En asentamientos humanos como las ciudades, reconocidas por su exposición particular ante el cambio climático –dada su gran densidad de personas, la alta proporción de zonas construidas y una proporción decreciente de componentes biofísicos no-humanos (Degórska & Degórski, 2018)–, el paso de un huracán funciona, por una parte, como una radiografía de las desigualdades sociales y de género preexistentes al fenómeno, revelando la persistencia de la división sexual del trabajo entre hombres (mayoritariamente trabajo productivo, remunerado) y mujeres (mayoritariamente trabajo reproductivo, doméstico y de cuidado, no remunerado); su menor grado de autonomía en la toma de decisiones y su posición desventajosa en las relaciones de poder; el nivel y las formas de violencia contra mujeres y niñas; la situación de salud en general, y en particular de la salud sexual y reproductiva y de grupos vulnerables física y mentalmente, y en términos de su ciclo de vida –como las infancias y adultos mayores– (Enarson, Fothergill, & Peek, 2007; 2018; Vázquez et al., 2015). Por otra parte, un fenómeno hidro-meteorológico extremo puede tener como efecto la agudización y reforzamiento de tales brechas sociales, que son claramente permeadas por el género, si no se toman en cuenta abordajes de género e interseccionales en las diferentes etapas del ciclo del desastre en el ámbito de protección civil y en la gestión de riesgos de desastres (GRD) (Ravera, Iniesta-Arandia, Martín-López, Pascual, & Bose, 2016; Chavez-Rodriguez, 2016; Birk, N. Bohland, P. & Cardoso, 2020). Para ello es imprescindible trascender posiciones dicotómicas en las que las mujeres solo pueden ser consideradas como víctimas indefensas o bien como agentes de cambio en situaciones de desastre (Arora-Jonsson, 2011; Ravera et al., 2016).

Posturas feministas críticas han señalado que es un error suponer que las mujeres son intrínsecamente más vulnerables, sino que la mayor vulnerabilidad social que experimentan, en este caso ante amenazas hidro-meteorológicas, está relacionada con su posición subordinada y desventajosa en las relaciones de poder que se encuentran en la base de la desigualdad. Esto implica discriminaciones y desventajas sistemáticas, aunque diferenciadas, de las mujeres en términos socio-económicos, legales y políticos ante los impactos de fenómenos climáticos extremos, y ante el cambio climático en general (Röhr, Spitzner, Stiefel, & von Winterfeld, 2008).

Destaca el papel preponderante de los trabajos de cuidado en la situación de excepción, anormalidad, carencia y desorden que implica un desastre. La realización continuada y sin excepción de trabajos como la crianza, el cuidado de adultos mayores y enfermos, incluyendo la movilidad relacionada con el cuidado, y en general la reorganización de la vida diaria y el restablecimiento de la cotidianidad, se vuelven críticos ante fenómenos extremos en términos de salud física, pero también de salud emocional y afectiva (trabajo afectivo), y son, en definitiva, tareas clave para la supervivencia de los miembros de un hogar.

También el trabajo doméstico se incrementa y dificulta en situaciones de desastre. Las tareas básicas de provisión de insumos, agua y alimentos, preparación de alimentos y alimentación, higiene personal, limpieza del hogar, lavado de ropa, entre muchas otras, no se interrumpen de manera significativa en situaciones de desastre sino que se adaptan y se reorganizan conforme a las nuevas condiciones, y a las nuevas tareas que se suman a las ya existentes en cada una de las fases del ciclo del desastre, tales como preparativos en la vivienda y para el afrontamiento (compra de insumos, preparación de documentos), limpieza, desinfección y reparación de daños de objetos y espacios tras el fenómeno. Además, estos deben ahora realizarse en condiciones extremas como la interrupción o racionamiento de servicios como agua, electricidad, gas, transporte público, y en condiciones de anegamiento, enlodamiento y/o falta de enseres, falta de insumos en los espacios domésticos o incluso la carencia de espacios propicios para su planeación, preparación y ejecución, lo que implica mayores esfuerzos y recursos de tiempo para las mujeres.

Así el trabajo reproductivo y su distribución entre los integrantes de una unidad doméstica se vuelven centrales para la vuelta a la normalidad y para la calidad de vida de sus miembros durante la emergencia y después de la misma. La ausencia de una redistribución de las tareas relacionadas con el trabajo reproductivo en los hogares está en relación directa con el arraigo y normalización de los roles de género en la división sexual del trabajo, e implica en situaciones de desastre el incremento de las cargas de trabajo no remunerado para las mujeres, quienes en su mayoría asumen el exceso de actividades y tareas. Esto se refleja también en la acentuación de la desigualdad en el uso del tiempo dedicado al trabajo no remunerado, que ya de por sí presenta graves diferencias en México, con 46.9 horas dedicadas semanalmente por mujeres en comparación con 15.7 horas dedicadas por los hombres (ENUT, 2014); con altos costos sociales en términos de autonomía y acceso a oportunidades de mujeres y niñas, en su calidad de vida y en la interrupción de sus proyectos de vida.

En contraste, las tareas remuneradas relacionadas con el manejo de emergencias, la protección civil y la GRD constituyen un campo de trabajo masculinizado y con una baja representación de mujeres en todos los niveles de gobierno. Lo anterior es un indicador de los estereotipos de género prevalecientes y profundamente arraigados acerca de actividades profesionales típicamente relacionadas con el riesgo y la fuerza física, mayoritariamente asignadas a los hombres (Chavez-Rodriguez, 2016). En particular, los mandos altos y puestos de decisión son ocupados por hombres, tanto en lo local, como en lo nacional y lo internacional.

Por otra parte, esta situación tiene consecuencias en términos de género y vulnerabilidad social ante fenómenos climáticos extremos, y ante el cambio climático en general, reflejando el

entrelazamiento de las estructuras de poder y las relaciones de género. Siguiendo a Soto "los espacios que ocupan las mujeres tienen una íntima vinculación con el orden social y con el mantenimiento, la creación y la potencial transformación de situaciones de dominación" (2012, p. 92). Así, la sobre-representación de los hombres en la GRD limita e impide la consideración de las experiencias, puntos de vista, intereses políticos y perspectivas de solución de las mujeres en los distintos niveles y en las diversas áreas de competencia política (Röhr et al., 2008); es decir, constriñe la agencia y los roles activos de las mujeres en términos de su participación igualitaria en la acción y la toma de decisiones sociopolíticas, de la consideración de sus conocimientos situados, y de la incorporación de sus experiencias de vida relacionadas estrechamente con su corporalidad y sus prácticas de cuidado (*embodied practices*, Ravera et al., 2016, p. 237). Por tanto, es probable tampoco sean tomadas en cuenta las diversas necesidades de hombres y mujeres diferentes, pertenecientes a diversos grupos sociales considerados altamente vulnerables ante fenómenos extremos, por ejemplo, personas con necesidad de cuidados de salud especiales (personas en adultez mayor, con enfermedades, en embarazo o lactancia).

La inclusión de las mujeres en la GRD es de suma importancia, sin embargo su inclusión por sí sola, en particular a nivel local o comunitario – lo cual es frecuente en diversos programas públicos y ha sido resaltado en diversas investigaciones sobre género y desastres, p.ej. la organización de grupos de mujeres para la reanudación de servicios públicos y de actividades escolares, o para exigir apoyos para la reparación de daños y la reconstrucción de viviendas (Enarson et al., 2007; 2018) – es una moneda de dos caras: por un lado puede dar lugar a procesos de empoderamiento de las mujeres, los cuales pueden a su vez fomentar la equidad de género. Por otra parte, esconde el riesgo de la feminización de la participación a nivel local, mientras que aumentan las cargas de trabajo no remunerado de las mujeres y su participación a niveles superiores de decisión más allá de su comunidad o localidad no se fomenta igualitariamente.

La baja representación de las mujeres en GRD también puede abordarse desde el punto de vista de los derechos humanos, ya que pone de manifiesto el bajo o nulo nivel de realización de la justicia ambiental (Walker, 2012), la cual es imposible de alcanzar sin justicia de género (Röhr et al., 2008). Se trata de una distribución injusta de las posibilidades de participación política entre hombres y mujeres en el área de GRD; refleja la injusta distribución de los daños y cargas que surgen a raíz de eventos extremos relacionados con el cambio climático, entre grupos de diversa vulnerabilidad social; y pone de manifiesto la falta de reconocimiento de los conocimientos, habilidades y perspectivas de solución que pueden aportar mujeres diversas a la protección civil, la GRD y, finalmente a la habitabilidad del planeta ante el cambio climático global.

Es importante subrayar que, en la protección civil, el manejo de emergencias y la GRD se está reproduciendo un orden de género socialmente injusto. Este orden de género es funcional a los intereses de las estructuras de poder dominantes del capitalismo global y las relaciones patriarcales heteronormativas, al apropiarse de la totalidad del trabajo reproductivo sin remuneración alguna, y al limitar la participación e incorporación del conocimiento y la experiencia de las mujeres. Si bien es un orden social persistente, puede llegar a transformarse al desafiar las estructuras de poder y renegociar la división del trabajo, las relaciones de género y las categorizaciones sociales de género, raza y clase (Kaijser y Kronsell, 2014), como han demostrado los avances en la reducción de las desigualdades e inequidades en otros ámbitos, como en el acceso a la educación y a la salud.

3. Salud

Tal y como lo señala la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cambio climático representa uno de los desafíos sociales y ambientales más importantes en materia de salud humana y se estima que miles de personas sufrirán algún padecimiento relacionado con este fenómeno atmosférico. En este sentido, de acuerdo con informes oficiales de esta organización internacional, se estima que entre 2030 y 2050 las transformaciones ambientales derivadas del cambio climático causarán aproximadamente 250.000 defunciones adicionales cada año, debido a la malnutrición, el paludismo, la diarrea y el estrés calórico.

Lo anterior demuestra, sin duda, que la problemática de la salud y el cambio climático se ha convertido en un tema relevante y central. Primero, porque proporciona elementos que hacen evidentes cómo las transformaciones ambientales están afectando la salud en los seres humanos, como en el caso de las afecciones respiratorias y la aparición de nuevas enfermedades transmitidas por vectores. Segundo, esta problemática sanitaria muestra que el impacto en las condiciones de salud de las personas está directamente relacionado con escenarios de empobrecimiento y precarización entre poblaciones y sectores económicos ligados a la agricultura, profundizando aún más las condiciones de desigualdad de grupos sociales que se encontraban en condiciones vulnerabilidad como son las poblaciones que habitan en zonas costeras y que además subsisten a través de la producción agrícola.

El fenómeno del cambio climático, sin embargo, ha traído también grandes desafíos al estudio de la ciudad desde diferentes perspectivas y vínculos con otros campos del conocimiento (Lezama, 2001). Abordar y entender los efectos del cambio climático en las ciudades es una dimensión compleja, no obstante, a través de la disponibilidad emergente de herramientas metodológicas y técnico–científicas, se ha avanzado en el análisis de la relación que se entreteje entre espacios urbanos,

cambios en patrones climáticos, el impacto de las actividades humanas sobre el medioambiente y las afectaciones a la salud derivadas de este conjunto de variables.

Las ciudades, como conglomeración espacial urbana, resultan un punto de atención específico por las complejidades que implican su diseño y estructura, su densidad y la conformación sociodemográfica de la población que habita en ellas. También son espacios, donde se observan grandes desigualdades sociales y donde grupos mayoritarios se encuentran expuestos a condiciones de alta vulnerabilidad. Espacios en los que coexisten y se interseccionan una multiplicidad de dimensiones de desigualdad que constituyen el marco contextual que subyace a la condición climática, al igual que en situaciones de emergencias derivadas por desastres (Duhau y Gligia, 2008; Narváez, Lavell y Pérez, 2009).

El diseño y el funcionamiento de las ciudades urbanizadas, con su alto índice de contaminación atmosférica, resultado de la producción y uso de combustibles fósiles, como se señala en la introducción de este capítulo, afectan y profundizan los impactos del cambio climático en la salud humana. La contaminación del aire y las urbanizaciones sin vegetación (Barradas, 2013; Quiroz, 2013) hacen que las ciudades contribuyan a la ampliación de las afectaciones provocadas por los cambios en el clima, ocasionando, por ejemplo: olas o golpes de calor y la saturación del aire por micropartículas que operan en una mayor incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares dentro grupos de población más adulta (Riojas, Hurtado, Idrovo, y Vázquez, 2006; Salinas, Hernández y Galante, 2018). De acuerdo con la OMS, la contaminación atmosférica "afecta de distintas formas a diferentes grupos de personas"; de hecho, esta misma fuente señala que los efectos más graves no solo se producen entre las personas que ya están enfermas y los adultos mayores. Los niños y las familias de menos ingresos, con un acceso limitado a la asistencia médica, también son más susceptibles a los efectos nocivos de dicho fenómeno. Aún más, el Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud de la OMS estima que, en el mundo, 1.3 millones de personas mueren anualmente a causa de la contaminación atmosférica urbana[7].

La salud humana es afectada por cambios en la temperaturas a través de las olas de calor, particularmente en las ciudades bajo un diseño urbano que prioriza grandes extensiones de suelo sin vegetación adecuada, por los cambios en los patrones de lluvia-sequía y con ello la migración de vectores asociados a enfermedades como el dengue y otras enfermedades relacionadas a las

7 Organización Mundial de la Salud, Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud. Temas de Salud. Recuperado de https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/index6.html

condiciones de salubridad y acceso al agua, a desastres ambientales incluidos los de origen antrópico, como se señala en la sección sobre eventos hidrometeorológicos en este mismo capítulo.

Junto a todo lo anterior, también existe una percepción creciente entre la población sobre la relación entre cambio climático y afectaciones a la salud. En un estudio reciente realizado en la Ciudad de México, los resultados señalan que existe una alta percepción social de los efectos del cambio climático sobre la salud de las personas. La población estudiada (básicamente mujeres y hombres adultos jóvenes y adultos mayores) refirió que los cambios en el medioambiente le han perjudicado. De manera particular, mencionaron las consecuencias negativas que la contaminación del aire en la ciudad tiene sobre su salud y sobre la de las y los integrantes de sus familias, mencionado una mayor frecuencia en la aparición de "alergias", enfermedades broncopulmonares y afecciones a la piel, entre las principales.

Dentro del mismo estudio se analizó la relación de la gestión y el cuidado de la salud con las desigualdades de género, dentro de las unidades domésticas. Específicamente se abordó el tema de las responsabilidades en las tareas de cuidado de la salud y las formas de acceso y gestión de servicios de salud. En cuanto al primer tema, quedó más que claro que son las mujeres quienes, entre sus múltiples tareas, tienen la de cuidar a enfermos y personas con discapacidades. Como parte de la economía del cuidado son ellas a quienes se les atribuyen estas tareas. A partir de los 10 años las niñas de millones de familias se ocupan de cuidar a las y los abuelos y viceversa, las abuelas cuidan a los niños. Las mujeres crean redes de cooperación familiar para poder cumplir con estas tareas que, como en el caso de la pandemia del COVID-19, les exige mas tiempo. Así, cifras de 2017 indican que las mujeres en México dedican 47.3 horas semanales del trabajo no remunerado al cuidado de la salud dentro del hogar, estos incluyen cuidados preventivos, temporales y especializados (INEGI-Inmujeres, 2019). Esto es, las mujeres participan con el 69% de las horas semanales de trabajo no remunerado en el cuidado de la salud, mientras que los hombres lo hacen con el 31%. Esto indica que la participación femenina es 2.2 veces mayor que la de los varones.

Aunado a lo anterior, la población estudiada de los estratos socioeconómicos más bajos, señalaron que gastaban más dinero en la compra de medicamentos y realizaban más visitas a clínicas públicas o a los consultorios de farmacias de productos genéricos. Estas tareas, además del gasto económico, les implicaban una mayor movilidad y traslados, todo lo cual repercutía en una sobrecarga de tareas del hogar. Muchas de las mujeres participantes en el estudio, sin importar el grupo social, reportaron dedicar más horas de cuidado a hijos/as y familiares cercanos debido a una mayor incidencia de eventos relacionados con la salud y el deterioro medioambiental.

Es posible afirmar entonces, que la gestión de la salud de las poblaciones y grupos estudiados, son un componente que reproduce y mantiene los patrones de desigualdad de género. Los resultados de la investigación en Ciudad de México reafirman algunas conclusiones presentes en informes internacionales y otros estudios similares (Rico y Segovia, 2017) en los que se afirma que las mujeres son las principales responsables del cuidado y de la gestión de la salud en sus hogares y espacios familiares.

Dentro de esta misma lógica, es claro cómo se intersecta la problematización sobre las desigualdades de género con las condiciones presentes en escenarios de riesgo por efecto del cambio climático. En ese sentido, la perspectiva de género ha permitido la visibilidad y el reconocimiento de poblaciones que se han visto afectadas de manera diferencial frente a los fenómenos climáticos extremos (Vázquez, y Velázquez, 2004). Esto viene a relacionar los estudios sobre desastres y escenarios de riesgo con el análisis de las condiciones preexistentes de vulnerabilidad y de desigualdad estructural. En ese sentido, la salud no escapa a la relación multifactorial de las condiciones de la desigualdad. El acceso y gestión de la salud se ha convertido en un elemento central de vulnerabilidad de las poblaciones frente al cambio climático.

Conclusiones

Como se argumenta en este capítulo, las alternativas de habitabilidad tienen que pensarse desde una perspectiva de género; no bajo un enfoque "integracionista del género", sino abordadas y pensadas a partir de los mecanismos y las formas de participación que posibilitarían la habitabilidad y la igualdad social y de género. No se trata únicamente de detener el calentamiento global y desacelerar el cambio climático; la habitabilidad también tiene que buscar la puesta en marcha de mecanismos e instituciones que acorten las brechas de desigualdad social y de género, producto de relaciones sociales y de poder, sobre las que se sostienen las formas de vida de millones de personas, y sobre las que se estructuran los patrones de producción y consumo de las sociedades modernas. Brechas que dan lugar a formas de exclusión y discriminación que impiden la observancia de la igualdad sustantiva entre todas y todos y la posibilidad de construir sociedades habitables justas social y ambientalmente.

La habitabilidad tiene que reconocer la necesidad de incidir y reestructurar las relaciones entre el trabajo de producción y el de reproducción social ya que, como se ha señalado en este capítulo, las actividades de cuidado son un eje central de todo intento para construir senderos sustentables y habitables; visibilizar, reconocer y revalorar las distintas actividades de la compleja red de cuidados, de la esfera de la reproducción social es por tanto esencial.

En este capítulo se ha mostrado como el género configura patrones diferenciales en cuanto a patrones de movilidad, ante el manejo desastres hidro-meteorológicos y ante situaciones crecientes de deterioro sanitario. Analizando como las actividades de cuidado por género se trastocan, en este capítulo hemos argumentado, como el cambio climático, sus causas y sus efectos, se estructuran en y alimentan de procesos que se interrelacionan con las estructuras sociales que persisten en reproducir patrones de desigualdad. Asimismo, es necesario describir y analizar los efectos del cambio climático sobre mujeres y hombres en las regiones, considerando siempre, la recomposición de las relaciones espaciales existentes en la ciudad, lo urbano. Como señalaría alguna vez Bourdieu, necesitamos entender el efecto de lugar sobre las condiciones de existencia, es decir, como un escenario que opera dentro de un campo de relaciones, y dentro de este, toda la gama de estructuraciones simbólicas y sociales que hacen posible su funcionamiento (Bourdieu, 2010) como producción humana, condición y catalizador de los cambios ambientales en las últimas décadas.

Es importante señalar finalmente, cómo las problemáticas asociadas con los cuidados y el cambio climático vienen a ejemplificar y visibilizar prácticas sociales que se estructuran de forma más compleja y permanente en condiciones y bajo formas de subordinación y violencia. Los estudios sobre la complejidad urbana en materia de desigualdades de género muestran ese vínculo estructural que une la segregación socioespacial, la movilidad urbana y las dimensiones del trabajo del cuidado (Soto, 2011; Suri, 2017). Comprender y reconstruir los hilos de esta trama social implica también un desafío epistemológico que abre una posibilidad de realizar análisis bajo una mirada multidisciplinaria y crítica a la vez.

Referencias

Aguirre, R., Batthyány, K., Genta, N., y Perrota, V. (2014) Los cuidados en la agenda de investigación y en las políticas públicas en Uruguay*; Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, *18* 50), 43-60.doi:10.17141/iconos.50.2014.1427

Aldred, R. (2012). The role of advocacy and activism. En J Parkin. (Ed.), *Cycling and sustainability* (pp. 83-108). London: Emerald.

Ares, S. (2012). Entre el aislamiento y la libertad. Prácticas de movilidad cotidiana y diferencias de género en el sudeste bonaerense (Argentina). *Brazilian Geographical Journal, 3*(2), 267-298.

Arora-Jonsson, S. (2011). Virtue and vulnerability: Discourses on women, gender and climate change. *Global Environmental Change,* 21(2), 744-751. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2011.01.005.

Barradas, V. (2013). La isla de calor urbana y la vegetación arbórea. Oikos (7) Revista del Instituto de Ecología, 17-20.

Batthyány, K. (2015) Las políticas y el cuidado en América Latina. Una mirada a las experiencias regionales. Serie Asuntos de Género 124. Santiago de Chile:CEPAL

Birk, N. Bohland, P. & Cardoso, I. (2020). No Gender Justice on a Dead Planet! A brief analysis of strengths and weaknesses

of the COP25 gender decision and the Gender Action Plan. Berlín: Rosa-Luxemburg-Stiftung. Recuperado de https://www.rosalux.de/en/publication/id/41624/no-gender-justice-on-a-dead-planet

Bourdieu, P. (2010). La Miseria del mundo. México:Fondo de Cultura Económica.

Brussel, M., & Zuidgeest, M. (2012). Cycling in developing countries: context, challenges and policy relevant research. En J Parkin. (Ed.), *Cycling and sustainability* (pp. 181-216). London: Emerald.

Chavez-Rodriguez, L., Curry L., y Treviño, R. (2018). Canarios en la mina de asfalto. Vulnerabilidades y privilegios de género en la movilidad alternativa de Monterrey. En A. de Luca., V. Vázquez., P. Bose., y M. Velázquez (Coords.), *Género, energía y sustentabilidad, aproximaciones desde la academia* (pp. 3-64). México:UNAM-CRIM.

Chavez-Rodriguez, L. (2016). La importancia de la interseccionalidad en la vulnerabilidad social ante eventos hidrometeorológicos extremos en Yucatán, México. En V. Vázquez García, M. Velázquez Gutiérrez, D. M. Sosa Capistrán, & A. De Luca Zuria (Eds.), *Transformaciones ambientales e igualdad de género en América Latina: temas emergentes, estrategias y acciones* (pp.19-42). Cuernavaca, Morelos: CRIM-UNAM.

CEPAL. (2018) *La ineficiencia de la desigualdad*. (LC/SES.37/3). Santiago de Chile.

Cordera, R. y E. Provencio (coord.) (2018) *Propuestas estratégicas para el desarrollo 2019-2024. Versión ejecutiva.* Colección informe del desarrollo en México. México : Universidad Nacional Autónomade México-Programa Universitario de Estudios del Desarrollo. Recuperado de http://132.248.170.14/publicaciones/16/Propuestas_VE.pdf

Cordera, R. y E. Provencio (coord.) (2020). *Cambiar el rumbo: el desarrollo tras la pandemia*. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Grupo Nuevo Curso de Desarrollo-Programa Universitario de Estudios del Desarrollo. Recuperado de http://132.248.170.14/publicaciones/42/Cambiar_rumbo.pdf

Cresswell, T., & Uteng, T.P. (2008). Gendered mobilities: towards an holistic understanding. En T.P. Uteng y T. Cresswell (Ed.), *Gendered Mobilities* (pp. 1-12). Great Britain: Ashgate.

De la Mora, G. (26 de junio de 2020). Pandemia y cambio climático ¿es momento de actuar?. *Notas de coyuntura del CRIM* No. 38, México, CRIM-UNAM, 8 pp.

Degórska, B., & Degórski, M. (2018). Influence of Climate Change on Environmental Hazards and Human Well-Being in the Urban Areas—Warsaw Case Study Versus General Problems. En S. Mal, R. B. Singh, y C. Huggel (Eds.), *Climate Change, Extreme Events and Disaster Risk Reduction: Towards Sustainable Development Goals* (pp. 43-57). Cham: Springer International Publishing.

Deike, P. (2013). *Gender and sustainable urban mobility*. Kenya: UN-Habitat.

Duhau, Emilio y Angela Giglia (2008) Las reglas del desorden. México: Siglo XXI Editores

Enarson, E., Fothergill, A. & Peek, L. (2007). Gender and Disaster: Foundations and Directions. En Havidán Rodríguez, Quarantelli, E.L. y Dynes, R. (Eds.). *Handbook of Disaster Research* (pp. 130-146). Nueva York: Springer.

Enarson, E., Fothergill, A. & Peek, L. (2018). Gender and Disaster: Foundations and New Directions for Research and Practice. En Havidán Rodríguez, Trainor, J.E., y Donner, W. (Eds.). *Handbook of Disaster Research* (pp. 205-223). Nueva York: Springer.

Fisher, B., & Tronto, J. (1990). Toward a feminist theory of caring. *Circles of care: Work and identity in women's lives*, 35-62.

Hanson, S. (2010). Gender and mobility: new approaches for informing sustainability. *Gender, place and culture, 17*(1), 5-23.

INEGI-Inmujeres (2019) Mujeres y hombres en México 2019. México Recuperado de http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/MHM_2019.pdf

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis.* Ginebra: IPCC. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX). A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. En: C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. J. D. D. Qin, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P. M. Midgley (Eds.), (pp. 582). Cambridge, New York: Cambridge University Press.

INECC. (2018) Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto de invernadero. Recuperado de https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero

ISSC, IDS & UNESCO (2016), *World Social Science Report 2016, Challenging Inequalities: Pathways to a Just World*, UNESCO Publishing, Paris.

Jirón, P. (2017). Planificación urbana y del transporte a partir de relaciones de interdependencia y movilidad del cuidado. En M. Nieves y O. Segovia (Coords.), *¿Quién cuida en la ciudad? Aportes para políticas urbanas de igualdad* (pp. 405-432). Santiago de Chile: CEPAL.

Jirón, P. y Zunino D. (2017). Movilidad urbana y género: experiencias latinoamericanas. *Revista transporte y territorio*, (16), 1-8. Recuperado de http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/3600/3295

Kaijser, A, & Kronsell, A. (2014). Climate change through the lens of intersectionality. *Environmental Politics*, 23(3), 417-433.

Kaufmann, V., Bergman, M., & Joye, D. (2004). Motility: Mobility as capital. *International Journal of Urban and Regional Research, 28*(4), 745-756.

Law, R. (1999). Beyond women and transport: towards new geographies of gender and daily mobility. *Progress in Human Geography, 23*(4), 567-588.

Lezama, J. L. (2001). El medio ambiente como construcción social: reflexiones sobre la contaminación del aire en la Ciudad de México. Estudios Sociológicos,*19* (56) 325-338. Recuperado de https://estudiossociologicos.colmex.mx/index.php/es/article/view/464

Mal, S., Singh, R. B., Huggel, C., & Grover, A. (2018). Introducing Linkages Between Climate Change, Extreme Events, and Disaster Risk Reduction. En S. Mal, R. B. Singh, y C. Huggel (Eds.), *Climate Change, Extreme Events and Disaster Risk Reduction: Towards Sustainable Development Goals* (pp. 1-14). Cham: Springer International Publishing

Murray, L. (2008). Motherhood, risk and everyday mobilities. En T.P. Uteng y T. Cresswell (Ed.), *Gendered Mobilities* (pp. 47-63). Great Britain: Ashgate.

Narváez, L., Lavell, A., Pérez, G. (2009). La gestión de riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos. Lima: PREDECAN

ONU-HABITAT (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos). (2016). *Urbanización y desarrollo: futuros emergentes. Reporte de las ciudades del mundo*. Nairobi: ONU-HABITAT. Recuperado de https://imco.org.mx/competitividad/reporte-ciudades-del-mundo-2016-via-onu-habitat/

ONU-Mujeres. (2019). *Acoso sexual y otras formas de violencia sexual en el transporte público: Área Metropolitana de Monterrey*. Recuperado de https://mexico.unwomen.org/es/digiteca/publicaciones/2019/04/diagnostico-y-documento-de-programa-monterrey

Polk, M. (2003). Are women potentially more accommodating than men to a sustainable transportation system in Sweden? *Transportation research. Part D, Transport and environment, 8D*(2),75-95.

Quiroz, D. (2013). Las ciudades y el cambio climático: el caso de la política climática de la Ciudad de México. *Estudios demográficos y urbanos*, *28*(2), 343-382.

Ravera, F., Iniesta-Arandia, I., Martín-López, B., Pascual, U., & Bose, P. (2016). Gender perspectives in resilience, vulnerability and adaptation to global environmental change. *Ambio, 45*(3), 235-247. doi:10.1007/s13280-016-0842-1

Rico, N., y Robles C. (2016). *Políticas de cuidado en América Latina. Forjando la igualdad.* CEPAL-Serie Asuntos de Género, No. 140. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Rico, N., y Segovia O. (Eds.). (2017). *¿Quién cuida en la ciudad? Aportes para políticas urbanas de igualdad*. Santiago de Chile: CEPAL.

Riojas, H., Hurtado, M., Idrovo, J., y Vázquez, H. (2006). Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población en México. Instituto Nacional de Ecología-Instituto Nacional de Salud Pública. Recuperado de http://www2.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/e2006h.pdf

Röhr, U., Spitzner, M., Stiefel, E., & von Winterfeld, U. (2008). *Gender Justice as the basis for sustainable climate policies. A feminist background paper.* Recuperado de https://www.genanet.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Themen/Klima/Background_Paper_Gender_Justice_CC_EN_2008.pdf

Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Ali Ibrahim, S. (Eds.). (2018). *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge University Press. Recuperado de http://uccrn.org/arc3-2/

Piketty, T. (2014). *El Capital en el Siglo XXI*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Tronto, J.C. (2013). *Caring Democracy. Markets, Equality and Justice*. New York: New York University Press.

Suri, K. (2017). *Género y espacio público. Claves conceptuales para el estudio de los derechos urbanos de las mujeres*. En: P. Ramírez Kuri. (Coord.), *La erosión del espacio público en la ciudad neoliberal* (149-175). México:UNAM-ISS.

Sánchez de Madariaga, I. (2013). From women in transport to gender in transport: Challenging conceptual frameworks for improved policymaking. *Journal of International Affairs*, *67*(1), 43-65.

Salinas, E. S., Hernández, M. L. O., y Galante, P. M. (2018). Implicaciones del cambio climático en la salud humana. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*.

Segovia, O., y Rico, N. (2017). ¿Cómo vivimos la ciudad? Hacia un nuevo paradigma urbano para la igualdad de género. En M. Rico y O. Segovia (Coords.), *¿Quién cuida en la ciudad? Aportes para políticas urbanas de igualdad* (pp. 41-69). Santiago de Chile: CEPAL.

Sheller, M. (2018*). Mobility justice: the politics of movement in the age of extremes*. Londres: Verso

Soto, P. (2012). El miedo de las mujeres a la violencia en la Ciudad de México. Una cuestión de justicia espacial. *Revista Invi, 27*(75), 145-169.

Soto, P. (2011). La ciudad pensada, la ciudad vivida, la ciudad imaginada: Reflexiones teóricas y empíricas. *La ventana. Revista de estudios de género*, *4*(34), 7-38.

Uteng, T. P. (2012). *Gender and Mobility in the Developing World.* Recuperado de https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/9111

Van Belzen, N., & Noach, T. (2017). *Cycling as a right to the city: bicycle advocacy and cycling citizenship in Guadalajara*. (Tesis de Licenciatura), Universiteit Utrecht, Países Bajos.

Vázquez, V. y Velázquez, M. (Coords.) (2004). *Miradas al Futuro: Hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género*. México: PUEG-CRIM-UNAM.

Vázquez, V., Castañeda, I., Molina, D., Sosa, D., Chablé Can, E., y Rivero L. (2015). Género y cambio climático. Estado del arte y agenda de investigación en México. En C. Gay y J. Clemente (Eds.), *Reporte Mexicano de Cambio Climático. GRUPO II Impactos, vulnerabilidad y adaptación* (pp. 313-327). México: UNAM-PINCC.

Videgain, K. (2020) Cuidado y desarrollo. En R. Cordera y E. Provencio (Coords.), *Cambiar el rumbo: el desarrollo tras la pandemia* (pp.117-122). México: PUED-UNAM.

Walker, G. (2012). *Environmental justice: concepts, evidence and politics*. Reino Unido: Routledge.

CAPÍTULO 6

GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO:

el rol del marco jurídico en la habitabilidad segura municipal

Anglés Hernández M.[1]

[1] Doctora en Derecho Ambiental, investigadora de tiempo completo en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, mangles@unam.mx.

Resumen

En México los mayores efectos negativos del cambio climático suceden en los ámbitos locales, ello exige fortalecer las capacidades de Gestión Integral de Riesgos (GIR) para contribuir a reducir la vulnerabilidad socioambiental y aumentar la resiliencia. Desde un enfoque de GIR se sostiene que la dimensión institucional es clave para reducir la vulnerabilidad socioambiental y climática y contribuir a la habitabilidad terrestre segura. Mediante esta colaboración analizamos si contar los instrumentos normativos y de política pública municipal sobre GIR efectivamente contribuye a la reducción de riesgos de desastres asociados al clima.

Palabras clave: Cambio climático; vulnerabilidad socioambiental; municipios mexicanos; desastres; habitabilidad segura.

Abstract

In Mexico, the greatest negative effects of climate change occur at local levels, this requires strengthening the capacities of Comprehensive Risk Management (CRM) to help reduce socio-environmental vulnerability and increase resilience. From a CRM approach, it is argued that the institutional dimension is key to reducing socio-environmental and climatic vulnerability and contributing to safe terrestrial habitability. Through this paper, we will analyze whether having the normative instruments and municipal public policy on CRM effectively contributes to reducing the risks of disasters associated with the weather.

Key words: Climate change; socio-environmental vulnerability; Mexican municipalities; disasters; safe habitability.

Introducción

La noción del Antropoceno, que ubica a los seres humanos como la fuerza dominante que determina el futuro del planeta Tierra (Steffen, Crutzen y Mcneill, 2007), obliga a replantear el pensamiento y la acción para el mantenimiento de las condiciones que dan soporte a las diferentes formas de vida, desde aproximaciones que consideren las emergencias: ambiental, sanitaria y climática por las que

atraviesa la humanidad (Anglés-Hernández, 2020). De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (2014, p.4), los impactos de los fenómenos hidrometeorológicos más recientes (olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales) acentúan "la vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática"; a su vez, "los desequilibrios planetarios y sociales se refuerzan mutuamente" (United Nations Development Programme, 2020, p.3). Como ejemplo, tenemos a la pandemia COVID-19, cuya presencia complejiza los desafíos que los gobiernos deben enfrentar como parte de la gestión integral de riesgos, herramienta clave para la reducción de desastres, eventos que se traducen en la interrupción del funcionamiento de una comunidad/sociedad, lo que ocasiona afectaciones humanas y pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la misma comunidad/sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2009).

En la actualidad, aproximadamente el 70% de los desastres a nivel global está relacionado con el clima, porcentaje que duplica lo acontecido hace 20 años (ONU, 2013). En México, según datos de la Secretaría de Gobernación (SEGOB) (2019), para el 2018, los fenómenos hidrometeorológicos representaron el 96.8% del total de los desastres y causaron el 84.4% del total de los daños en el país. De acuerdo con estimaciones del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018a), alrededor del 68% de la población mexicana y el 71% del Producto Interno Bruto (PIB) del país son altamente vulnerables a los efectos negativos del fenómeno. Por lo que, las acciones tendientes a la protección y preservación de los ecosistemas resulta ineludible. No obstante, de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2020), de los 2,457 municipios existentes, para el 2020, sólo 98 tenían su ordenamiento ecológico y 609 su respectivo Plan o Programa Municipal de Desarrollo Urbano, lo cual muestra una deficiencia en la planeación socioambiental del territorio a escala local. Esta omisión institucional da pie a condiciones propicias para acciones, como: cambio de uso de suelo, pérdida de hábitats; sobreexplotación de recursos naturales y, contaminación ambiental. A todo ello, subyace el modelo de desarrollo económico desordenado detonante del cambio climático antrópico que incide de forma negativa en la habitabilidad terrestre y, por ende, en la vulnerabilidad social. De manera que requerimos un cambio drástico que supere estas omisiones y la actual gestión que deja del lado la sostenibilidad para privilegiar el desarrollo económico (Cervantes-Núñez y Gay-García, 2019). Ante esta realidad resulta imperativo trabajar en el fortalecimiento de capacidades institucionales; pues, aunque los eventos climáticos no son del todo controlables, la vulnerabilidad sí lo es (Anglés-Hernández, 2018).

Debido a que es en el nivel local donde se materializan las amenazas e implementan las primeras acciones de respuesta para dar paso a la resiliencia resultado de eventos climáticos, esta contribución se basa en el análisis de fuentes documentales, tanto normativas como institucionales, sobre la Gestión Integral de Riesgos (GIR) frente al cambio climático. El objetivo consiste en verificar, si contar con instrumentos normativos y programáticos locales sobre la GIR contribuye a reducir la

vulnerabilidad social ante el cambio climático y, en consecuencia, a garantizar la habitabilidad segura en los municipios mexicanos. A tales fines, replicamos el indicador de vulnerabilidad institucional desarrollado para la elaboración de los Diagnósticos de vulnerabilidad ante el cambio climático en México (Bolongaro-Crevenna-Recaséns, Márquez-García, Torres-Rodríguez, Anglés-Hernández, y Carranza-Ortiz, 2013; Bolongaro-Crevenna-Recaséns, Márquez-García, Torres-Rodríguez, Anglés-Hernández y Márquez, 2016; Torres-Rodríguez, et al., 2018).

1. Vulnerabilidad institucional y la habitabilidad segura

La habitabilidad segura requiere como presupuesto de determinadas condiciones ambientales; así como de acciones de política pública (social, ambiental, económica y cultural) que permitan proteger la vida y seguridad de las personas en condiciones de dignidad *(United Nations, 2003)*. *La habitabilidad terrestre ha sido definida por Cervantes-Núñez y Gay-García (2019, pág.330), como el fenómeno bio-planetario "que involucra factores abióticos (solares, planetológicos, geofísicos, etc.), y bióticos (evolución, interacciones y diversidad biológicas, incluidos [los seres humanos…]), así como sus interacciones y retroalimentaciones, los cuales, generan las condiciones en las cuales permanece y prolifera la vida en la tierra". A su vez, consideramos que la habitabilidad segura consiste en el conjunto de elementos bióticos y abióticos fundamentales para el desarrollo digno y sustentable de las personas, el cual depende de la coexistencia de determinadas condiciones físicas y sociales, estas últimas, enmarcadas mediante acciones de política pública que permiten proteger y garantizar las bases de soporte para la vida y seguridad de las personas.* Mientras que, la vulnerabilidad, según el IPCC, consiste en la "propensión o predisposición a ser afectado negativamente" (2014, p.139); lo que involucra, entre otras, "la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación" (2014, p.139). Destacamos el rubro de la capacidad porque ahí se ubica el ámbito institucional para la reducción del riesgo de desastres ante el cambio climático. Entendiéndose por riesgo, la posibilidad "de que ocurran consecuencias adversas para la vida; los medios de subsistencia; la salud; los ecosistemas y las especies; los bienes económicos, sociales y culturales, los servicios [incluidos los ambientales] y la infraestructura" (2014, p.137).

Tomemos en cuenta que, una vez materializado el riesgo la recuperación del funcionamiento regular de una comunidad/sociedad demanda la respuesta local inmediata para satisfacer las necesidades humanas esenciales en condiciones de seguridad humana *(United Nations, 2003)*. Bajo esta lógica se entrelazan la adaptación, en concreto la GIR con la vulnerabilidad institucional, como elementos determinantes de la habitabilidad segura. Entendiéndose por vulnerabilidad institucional, la debilidad del Estado que está relacionada con las capacidades (técnicas, financieras

y humanas y el desarrollo de instrumentos normativos y programáticos sobre la GIR ante el cambio climático; así como, la vigilancia de su aplicación (Bolongaro-Crevenna-Recaséns et al., 2013; Bolongaro-Crevenna-Recaséns et al., 2016 y Torres-Rodríguez et al., 2018).

Cabe apuntar que, de conformidad con la Ley General de Protección Civil (SEGOB, 2012), la GIR es:

> El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad (…).

Como se advierte, en México el ámbito local es de gran relevancia, pues los municipios, de conformidad con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Congreso de la Unión, 2020), cuentan con facultades en materia de uso de suelo y asentamientos humanos (artículo 73, fracción XXIX-C); protección civil (artículo 73, fracción XXIX-I), ordenación territorial, protección y preservación del medio ambiente (artículo 73, fracción XXIX-G); aspectos claves para la habitabilidad segura, el desarrollo sustentable y el fortalecimiento institucional para la GIR ante el cambio climático. De acuerdo con Ríos (2004), a mayor vulnerabilidad institucional, mayor grado de incertidumbre para la toma decisiones y, en consecuencia, mayor grado de riesgo de desastres. No obstante, nuestra hipótesis refiere que la emisión de los instrumentos normativos y programáticos para la GIR y su estricta aplicación son un elemento muy importante para la planeación socioambiental del territorio y el desarrollo sostenible y, por ende, contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad social, aun cuando los eventos hidrometeorológicos se presenten.

2. Bases para la gestión integral de riesgos ante el cambio climático

Desde la perspectiva internacional, la GIR pone énfasis en la reducción de desastres asociados al clima. En congruencia con ello, ONU ha realizado diversos esfuerzos, como la adopción del Marco de Acción de Hyogo en 2005; enfocado en las políticas y la planificación del desarrollo sustentable; así como en el desarrollo y fortalecimiento de las instituciones, mecanismos y capacidades para

aumentar la resiliencia ante las amenazas (ONU, 2005). Posteriormente, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 reconoció la necesidad de comprender mejor el riesgo de desastres en todas sus dimensiones; incluida la del fortalecimiento de capacidades institucionales y gobernanza (ONU, 2015).

Lamentablemente, en México existe una asincronía y falta de sistematización en cuanto a aspectos fundamentales de la GIR, pues ha prevalecido el enfoque reactivo articulado por el Sistema Nacional de Protección Civil, encabezado por la SEGOB, que se respalda, técnicamente, en el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Aunado a ello, resultado de las complejidades técnicas y conceptuales para la realización de los atlas de riesgo local, existe en el país una diversidad de estos instrumentos (Ruiz, Casado y Sánchez, 2015), muchos de los cuales, fueron desarrollados antes de la expedición de la regulación sobre cambio climático (Gobierno de México, 2020), por lo que carecen de consideraciones sobre el fenómeno. Ante esta realidad, el INECC (2018b) elaboró el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, el cual podría contribuir a transitar del enfoque reactivo al preventivo, incluyéndose las amenazas climáticas en los atlas de riesgos municipales, e incidir en la reducción de la vulnerabilidad mediante la toma de decisiones públicas sobre ordenación socioterritorial y la GIR. Lamentablemente, en México la GIR climática está regulada por dos dependencias, por un lado, protección civil y, por el otro, cambio climático, cuyos enfoques y tratamiento de la problemática son diversos; situación que se erige en una debilidad institucional a superar.

Recordemos que la GIR va más allá de la preparación y respuesta a emergencias, lo que exige transitar del abordaje fragmentado y sectorial de las políticas sobre GIR a uno integrador que visualice tanto la problemática de la planificación socioambiental del territorio, las cuestiones climáticas y sus interacciones (Anglés-Hernández y Tejado-Gallegos, 2020) con otras variables, como las condiciones socioeconómicas y la política de desarrollo, pues se trata de variables de la habitabilidad segura y la reducción del riesgo de desastres.

No obstante, los instrumentos con los que cuenta México se caracterizan por su integración vertical y sectorial; así, la Estrategia Nacional de Cambio Climático 10, 20 y 40 años, publicada por la SEMARNAT (2013, p.19) refiere como uno de los ejes estratégicos para la adaptación “reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático”; lo cual se relaciona con la planeación territorial, que implica dos procesos complementarios: el ordenamiento territorial y la planeación urbana. El primero de ellos se enfoca en regular el espacio externo de los centros de población y el segundo en la planeación interna de éstos (Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL], 2010), sin embargo, la variable socioeconómica también es indispensable para gestionar el uso del territorio y reducir la vulnerabilidad no sólo social, sino

también de los ecosistemas (SEDESOL, 2012).

De forma complementaria, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por ONU en 2015, integrada por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), plantea acciones para la conservación, la gestión sostenible y la restauración de los ecosistemas; en particular mediante: ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), ODS 13 (acción por el clima), ODS 14 (vida submarina), y ODS 15 (vida de ecosistemas terrestres). Concretamente, el ODS 11 está orientado a "lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles" (ONU, 2018, p.51), para ello, la meta 11.b propone, entre otras, aumentar el número de ciudades y asentamientos humanos que adopten e implementen políticas y planes integrados para promover la adaptación y mitigación del cambio climático y la resiliencia ante los desastres (ONU, 2018).

En esta línea, el Programa Sectorial de Medio Ambiente 2020-2024, expedido por la SEMARNAT (2020), cuenta con la Estrategia Prioritaria 2.1, que plantea "reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático mediante el diseño, integración e implementación de criterios de adaptación en instrumentos y herramientas para la toma de decisiones con un enfoque preventivo y de largo plazo que permita mejorar el bienestar y calidad de vida de la población". Sin embargo, no queda claro qué se entiende por tales criterios de adaptación ni cómo se van a implementar, pues el instrumento carece de indicadores de seguimiento.

Aunado a ello, el Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2020-2024, elaborado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2020), cuenta con la Estrategia 1.2, relativa a promover acciones de planeación territorial a todos niveles, con un enfoque sistémico a corto, mediano y largo plazo hacia un modelo territorial equilibrado y sostenible y la Estrategia 3.2 busca reforzar la GIR a escala municipal; lo cual demanda armonizar las legislaciones estatales en materia de ordenamiento territorial, desarrollo urbano y GIR con: 1) la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, que considera de utilidad pública la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente en los centros de población; así como, la atención de situaciones de emergencia debidas al cambio climático y fenómenos naturales (artículo 6º, fracciones VII y IX, respectivamente); 2) la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente que, considera de utilidad pública la formulación y ejecución de acciones de adaptación al cambio climático (artículo 2º, fracción V), y 3) la Ley General de Protección Civil en materia de GIR (artículo 2º, fracción XXVIII); así como con los reglamentos de cada una de estas leyes.

A todas luces fortalecer el proceso de ordenación socioambiental del territorio municipal contribuye a consolidar acciones de planificación que permiten, a mediano y largo plazo, el uso apropiado del suelo y los recursos naturales en un contexto de GIR. Por ende, si el otorgamiento

de una licencia de construcción, la autorización para el cambio de uso de suelo y cualquiera otra actividad que implique el uso del territorio estuviese sometida al cumplimiento de los instrumentos de planeación y ordenación referidos (atlas de riesgos, programas de ordenamiento ecológico y programas de desarrollo urbano), (Anglés-Hernández, 2018), se contribuiría a reducir la vulnerabilidad socioambiental ante el cambio climático y a aumentar la habitabilidad segura. Lamentablemente, la GIR en la mayoría de los municipios mexicanos es escasa, generalmente, está ausente en los planes y/o programas de desarrollo urbano, dejándose como un tema de la política climática que se percibe como costosa y sin beneficios a corto plazo.

3. Gestión integral de riesgos y cambio climático en los municipios mexicanos

De acuerdo con datos de la SEGOB (2019), en el 2018, el 88.68% de los municipios mexicanos recibió alguna declaratoria asociada a fenómenos hidrometeorológicos (1,804 por emergencia, 308 por desastre y 67 por contingencia climatológica), incluso, en más de una ocasión. De acuerdo con el Fondo de Desastres Naturales [*sic*] entre 1999 y 2017, el "91% de los recursos autorizados por declaratoria de desastre estuvo relacionado con el clima" (SEMARNAT, 2018, p.465), porcentaje que muestra una tendencia incremental durante ese mismo periodo.

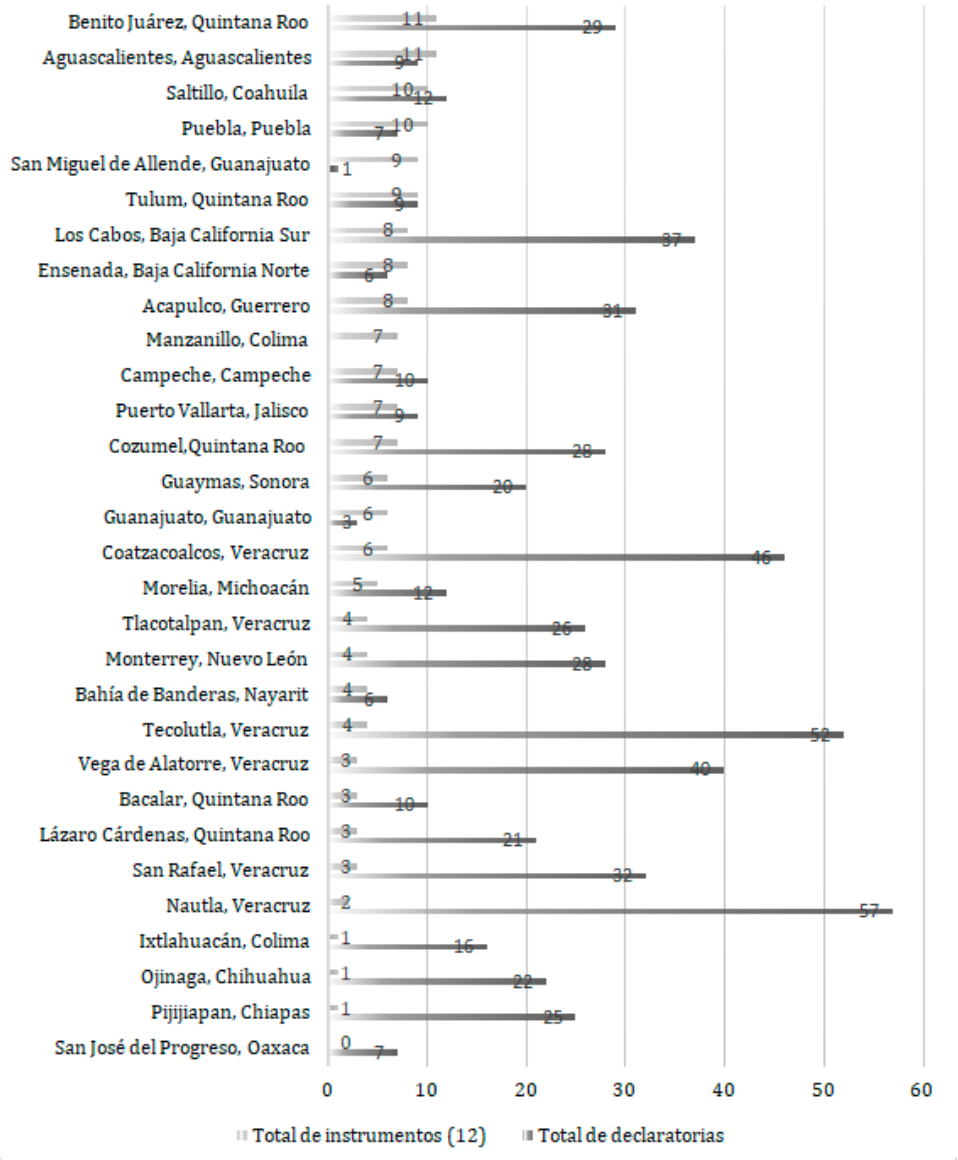
En cuanto a los estudios sobre la GIR ante el cambio climático en el país, es importante referir que su antecedente se encuentra en los Diagnósticos de vulnerabilidad auspiciados por la Secretaría de Turismo Federal para determinados municipios turísticos (Bolongaro-Crevenna-Recaséns et al., 2013; Bolongaro-Crevenna-Recaséns et al., 2016 y Torres-Rodríguez et al., 2018). En ellos se desarrolló el Indicador para la GIR ante el cambio climático, integrado por 12 instrumentos que derivan de las facultades municipales sobre aspectos de ordenación territorial, protección ambiental, protección civil y adaptación climática, a saber: 1. Atlas de riesgos, 2. Reglamento municipal de protección civil, 3. Programa municipal de protección civil, 4. Programas de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos, 5. Identificación de refugios y albergues, 6. Instrumento financiero municipal para enfrentar daños por desastres, 7. Convenios de coordinación en materia de protección civil y GIR, 8. Programa de desarrollo urbano municipal, 9. Reglamento municipal de construcción, 10. Programa de ordenamiento ecológico local, 11. Programa de ordenamiento territorial municipal y, 12. Programa/Plan de adaptación climática municipal. Como se advierte, los elementos del indicador evidencian la interdependencia de las categorías: riesgo, vulnerabilidad, impacto, planeación del territorio, ordenación ecológica, resiliencia y habitabilidad segura.

Para efectos de esta investigación retomamos la metodología respecto del Indicador para la GIR ante el cambio climático, a fin de identificar la existencia o no de una correlación entre las variables siguientes: 1) número de instrumentos de política pública sobre GIR decretados por los

municipios y, 2) número de declaratorias de desastre asociadas a fenómenos hidrometeorológicos recibidas.

Para nuestro análisis se consideraron los 24 municipios estudiados en los Diagnósticos referidos y se añadieron 6 más, algunos con casi la totalidad de los instrumentos de política pública decretados y otros sin ninguno de ellos; posteriormente, se consultó la base de datos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2019) para identificar cuántas Declaratorias por eventos hidrometeorológicos había recibido cada uno de los 30 municipios durante el periodo 2000-2015 y determinar la correlación entre variables. Los resultados se muestran en la tabla 1.

TABLA 1. INSTRUMENTOS DE POLITICA PARA LA GESTION INTEGRAL DE RIESGOS CLIMÁTICOS VS DECLARATORIAS POR EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS, 2000-2015



Fuente: Elaboración propia, a partir de Bolongaro-Crevenna-Recaséns et al., 2013; Bolongaro-Crevenna-Recaséns et al., 2016; Torres-Rodríguez et al., 2018; CENAPRED, 2019; INECC, 2020.

Del cruce de información entre las variables: 1) número de instrumentos normativos y de política pública en materia de GIR decretados por municipio y, 2) número de declaratorias de emergencia, contingencia y desastre (agrupadas en un único número) recibidas durante el periodo 2000-2015 podemos concluir que no basta con que a nivel local se cumpla con la emisión de los instrumentos de política vinculados con la GIR ante el cambio climático para lograr la adaptación climática y la habitabilidad segura; pues como se observa, municipios como Benito Juárez, Quintana Roo, con casi la totalidad de los instrumentos tuvo 29 declaratorias; mientras que Ojinaga, Chihuahua y Pijijiapan, Chiapas, con apenas 1 instrumento, tuvieron 22 y 25 declaratorias, respectivamente.

Situación que hace visible que existen otros factores a considerar, como la heterogeneidad del territorio, las condiciones socioeconómicas y las prácticas de desarrollo insostenible, ya que todas ellos se imbrican con la vulnerabilidad socioambiental ante el cambio climático.

Por tanto, cada municipio debe realizar su propio diagnóstico de vulnerabilidad ante el cambio climático y, a partir de los resultados, desplegar sus acciones de adaptación, las cuales, sin duda, deben incluir la expedición y el cumplimiento de los instrumentos normativos en materia de ordenación socioambiental del territorio y de GIR, como una mancuerna indispensable para contribuir a la habitabilidad segura; de lo contario, la vulnerabilidad continuará incrementándose y los desastres materializándose.

4. Conclusiones

La vulnerabilidad socioambiental ante el cambio climático podría disminuirse mediante el fortalecimiento de capacidades institucionales y el desarrollo de una política sobre GIR apuntalada en la expedición y aplicación de diversos instrumentos de política pública local sobre protección y preservación del medio ambiente, uso del suelo, ordenación ecológica y, entre otros, la expedición y actualización de atlas de riesgos que integren la variabilidad climática, todos ellos indispensables para la habitabilidad terrestre en condiciones de seguridad.

Es indispensable que los municipios pasen de un enfoque reactivo a uno preventivo en materia GIR, como premisa de la habitabilidad segura en contexto de cambio climático, ello exige una aproximación holística que reconozca la conexidad entre las dinámicas ambientales, urbanas, económicas y climáticas y su internalización en las políticas públicas en los ámbitos locales, pues es ahí en donde se materializan los desastres que provocan afectaciones humanas, económicas y

ambientales que exceden la capacidad de las instituciones y la sociedad para hacerles frente. Lamentablemente, la GIR en la mayoría de los municipios mexicanos es escasa, generalmente, está ausente en la normatividad y planeación del desarrollo, dejándose como un tema de la política climática que se percibe como costosa, sin beneficios a corto plazo y un freno al desarrollo económico.

El indicador sobre GIR ante el cambio climático aplicado a 30 municipios hizo evidente que no basta con la expedición de instrumentos normativos y de política pública local en la materia para reducir la vulnerabilidad socioambiental; mientras prácticas insostenibles continúen como resultado de la política económica y de la falta de cumplimiento de los instrumentos regulatorios de carácter ambiental, se disminuyen las condiciones para la habitabilidad terrestre en condiciones de seguridad y con ello se incrementa la vulnerabilidad socioambiental, sentando las bases para el desarrollo en condiciones de riesgo ante la recurrencia de desastres asociados al clima.

Estamos en un parteaguas que implica reconducir las relaciones de intercambio entre los ecosistemas y la humanidad, pues las presiones a las que hemos sometido al Planeta parecen mostrarnos, mediante el incremento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos, que hemos hecho un uso abusivo e ilimitado de los recursos, lo que compromete la habitabilidad terrestre segura.

Referencias

Anglés-Hernández, M. (2018). Una aproximación a la gestión integral de riesgos asociados al cambio climático en las ciudades mexicanas. En G. C. Delgado (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. Recuperado de http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/Ciudades_sensibles.pdf

Anglés-Hernández, M. (2020). COVID-19: entre la crisis climática y el acceso al agua. En N. González (coord.), *Emergencia Sanitaria del COVID-19. Reflexiones desde el derecho I.* México: UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Anglés-Hernández, M., y Tejado-Gallegos, M. (2020). La COVID-19 como detonante de un pacto mundial por el medio ambiente jurídicamente vinculante. En H. Jiménez-Guanipa y M. Anglés-Hernández. *La emergencia sanitaria COVID-19 a la luz de la emergencia climática. Retos y oportunidades* (pp. 39-44). Bogotá, Colombia: Fundación Heinrich Böll-Red Internacional sobre Cambio Climático, Energía y Derechos Humanos.

Bolongaro-Crevenna-Recaséns, A., Márquez-García, A. Z., Torres-Rodríguez, V., Anglés-Hernández, M., y Carranza-Ortiz, M. G. (2013). *Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad y el cambio climáticos en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos.* México: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A. C. Recuperado de https://www.gob.mx/sectur/acciones-y-programas/ordenamiento-turistico-sustentable

Bolongaro-Crevenna-Recaséns, A., Márquez-García, A. Z., Torres-Rodríguez, V., Anglés-Hernández, M., y Márquez, I., (2016). *Estudio de vulnerabilidad al cambio climático en diez destinos turísticos seleccionados.* México: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A. C. Recuperado de https://www.gob.mx/sectur/acciones-y-programas/ordenamiento-turistico-sustentable

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2019). *Declaratorias de emergencia y desastre*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Recuperado de https://datos.gob.mx/busca/dataset/centro-nacional-de-prevencion-de-desastres/resource/fa17739f-83f2-424a-ac48-fea7c721ed31

Cervantes-Núñez, S., y Gay-García, C. (2019). La habitabilidad humana ante el Cambio Climático Antrópico (pp. 325-353). En J. C. Rueda Abad y C. Gay García (Ed.). *¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y visiones sobre el Reporte Especial del IPCC.* México: UNAM, Programa de Investigación en Cambio Climático.

Congreso de la Unión. (2020). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Diario Oficial de la Federación. 05 de febrero de 1917. Últimas reformas del 24 de diciembre.

Gobierno de México. (2020). *Cobertura de Atlas Municipales,* México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Recuperado de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018a). *La economía del cambio climático. Resumen Informativo*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018b). *Evaluación estratégica del avance subnacional de la política nacional de cambio climático*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2020). *Instrumentos de política climática por estado, a partir de información aportada por los gobiernos estatales*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Recuperado de https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Instrumentos.html

Organización de las Naciones Unidas. (2005). *Marco de Acción de Hyogo 2005-2015. Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*. Ginebra, Suiza: Oficina de la Organización de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres.

Organización de las Naciones Unidas. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.

Organización de las Naciones Unidas. (2013*). Las Naciones Unidas y la asistencia humanitaria.* Salamanca, España: Organización de las Naciones Unidas.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Sendai: Organización de las Naciones Unidas.

Organización de las Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. Recuperado de https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-AnnexII_FINAL.pdf

Ríos, D. (2004). Vulnerabilidad institucional y desastres naturales. ¿Del manejo de los desastres a la gestión integral de riesgo de desastres? *Anais do Simposio Brasileiro de Desastres Naturais*. Brasil: Universidad Federal de Santa Catarina.

Ruiz, N., Casado, J. M. y Sánchez, M. T. (2015). Los Atlas de Riesgo municipales en México como instrumentos de ordenamiento territorial. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 88, 146-162.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2020). *Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2020-2024,* México: Diario Oficial de la Federación, 26 de junio. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5595683yfecha=26/06/2020

Secretaría de Desarrollo Social. (2010). *Guía metodológica para elaborar programas municipales de ordenamiento territorial*. México: Secretaría de Desarrollo Social.

Secretaría de Desarrollo Social. (2012). *Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático*. México: Secretaría de Desarrollo Social.

Secretaría de Gobernación. (2012). *Ley General de Protección Civil*. México: Diario Oficial de la Federación. 6 de junio.

Secretaría de Gobernación. (2019). *Impacto socioeconómico de los desastres en México durante 2018.* México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2018.* México: SEMARNAT-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024.* México: Diario Oficial de la Federación. 07 de julio. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232yfecha=07/07/2020

Steffen, W., Crutzen, P. J., y Mcneill, J. R. (2007). The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, 36(8).

Torres-Rodríguez, V., Bolongaro-Crevenna-Recaséns, A., Márquez-García, A. Z., Anglés-Hernández, M., Origel-Gutiérrez, G., y Márquez-Hernández, A. C. (2018). Diagnóstico de vulnerabilidad ante el cambio climático del destino turístico de Holbox, Quintana Roo. En V. Torres-Rodríguez y A. Bolongaro-Crevenna-Recaséns (coords.), *Estudio de vulnerabilidad al cambio climático en destinos turísticos seleccionados.* México: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A. C. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/347760954_Diagnostico_de_vulnerabilidad_ante_el_cambio_climatico_del_destino_turistico_de_Holbox_Quintana_Roo#fullTextFileContent

United Nations Development Programme. (2020). *Human Development Report 2020. The next frontier Human development and the Anthropocene*. New York: UNDP.

United Nations. (2003). *Human Security Now.* New York. USA: United Nations, Commission on Human Security.

CAPITULO 7

ACCIONES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LO LOCAL:

el caso del canal nacional, CDMX

Martínez M.[1], Aguilar E.[2] y Yáñez L.[3]

[1] Docente e investigadora en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional. mcmartinezr@ipn.mx

[2] Doctor en Investigación en Ciencias Sociales por la Flacso Sede México. Docente en la Universidad del Claustro de Sor Juana. gamm.directo@gmail.com

[3] Maestra en Investigación Educativa por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Docente en el Instituto de Estudios Superiores de la Ciudad de México Rosario Castellanos. lindayanez82@gmail.com

Resumen

Los problemas del medio ambiente en el mundo son problemas compartidos que requieren esfuerzos conjuntos, no solo entre las ciencias sino también entre los Estados y los individuos que conforman la sociedad. La amenaza de la habitabilidad terrestre no sólo es resultado de prácticas humanas insostenibles, sino resultado de la construcción creciente de sociedades desiguales, inseguras e injustas. Por otra parte, si bien la preservación del medio ambiente ha sido un tema frecuente en el ámbito científico-académico en las últimas décadas, es prioritario rescatar y analizar la posición de la ciudadanía y en específico de las organizaciones de la sociedad civil frente al cambio climático. Así mismo, el objetivo del presente trabajo es examinar el papel de cinco organizaciones de la sociedad civil de la Ciudad de México que han encausado sus acciones en la conservación de un cuerpo de agua urbano, es decir, del Canal Nacional. Finalmente, se destaca la trascendencia de la participación e intervención de la ciudadanía desde su ámbito por excelencia: el local.

Palabras clave: organizaciones de la sociedad civil; cambio climático; Ciudad de México; Canal Nacional.

Abstract

The world´s environmental problems are shared problems that require the academy, the States and the individuals to joint efforts in order to solve them. Life in Earth is threatened as a result of unsustainable human practices, but also as a result of the growing construction of unequal, insecure and unfair societies. Although the preservation of the environment has been a frequent topic in the scientific-academic field in recent decades, it is a priority to rescue and analyse the position of citizens and specifically of non-governmental organizations in the face of change climate. The objective of this work will be to examine the role of some civil society organizations in Mexico City against anthropogenic climate change. Specifically, those organizations that focus on water issues will be selected. Today more than ever, the participation and intervention of citizens becomes nodal, from its area par excellence: the local.

Key words: non-governmental organizations; climate change; Mexico City; Canal Nacional.

Introducción

El modelo de desarrollo que las principales naciones industrializadas aplicaron durante gran parte del siglo XIX y XX implicó el agotamiento y empobrecimiento del medio ambiente. Además, la contaminación generada por las grandes urbes y las prácticas de dispendio de los recursos naturales inherentes al consumismo del siglo XX, han llevado a la humanidad toda, a una crisis ambiental de magnitud global.

La nula conciencia de principios como la entropía en el ciclo producción-consumo ha llevado a pensar que siempre se puede producir más y más bienes sin menoscabo de la capacidad –o incapacidad- del ambiente para producir los recursos naturales suficientes en lapsos de tiempo tan cortos como los que da el mercado. Más aún, economistas como Robert M. Solow –premio Nobel de economía 1987- llegaron a mencionar con respecto a los recursos naturales: "En efecto, el mundo puede arreglárselas sin los recursos naturales, de modo que el agotamiento es sólo un acontecimiento, no una catástrofe" (como se citó en Georgescu-Roegen, 1983, p. 834).

En la actualidad, instituciones de corte supranacional como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) han hecho patente el debate y la necesidad de cambiar de modelos tanto económicos como de desarrollo con el fin de asegurar la integridad ambiental y por lo tanto la supervivencia de la especia humana. Sin embargo, a casi 30 años de distancia de cumbres como la del Medio Ambiente y el Desarrollo y declaraciones como la de Río de Janeiro, el pronóstico medioambiental global es poco alentador en tanto problemas como la polución ambiental, el cambio climático y la desertificación se han incrementado amén de las políticas y acciones propuestas por organizaciones como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) o por los mismos gobiernos de las distintas naciones (Landa, 2010).

Ante el fracaso de medidas de corte macro que son diagnosticadas, diseñadas, implementadas, gestionadas y evaluadas unilateralmente por gobiernos nacionales, surge una nueva visión de lo que debe ser la relación entre sociedad y medio ambiente. Conceptos como participación ciudadana, gobernanza y la realidad de "lo local" buscan cambiar el monólogo institucional de varios países con vías a buscar un diálogo que permita no sólo entender los problemas sino entender la forma en cómo estos deben ser abordados y luego solucionados.

El tema del empoderamiento de la ciudadanía, así como del involucramiento de los gobiernos en el tema ambiental puede ser visto desde una óptica de lógica deductiva, es decir de lo general

a lo particular. En 1998, en la ciudad danesa de Aarhus se gestó el "Convenio sobre acceso a la información, participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente", también llamado Convenio de Aarhus. Dicho convenio tuvo un alcance regional es decir fue pensado para ser aplicado por estados miembros de la Unión Europea aunque con el tiempo ha sido adoptado por países de Asia.

Los principales objetivos del Convenio de Aarhus se centraron en: i) otorgar el derecho de acceso a la información medioambiental y ii) establecer la participación del público en general en la toma de decisiones concernientes al medio ambiente (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa [CEPE], 1998; EUR-Lex, 2018). Cabe mencionar que la aplicación de dicho convenio por los países firmantes ha sido lenta, en 2003 sólo 5 de 26 estados europeos lo contemplaban en sus legislaciones nacionales (Sanchís, 2003). Para 2019 sólo 13 de 28 estados europeos miembros garantizaban un marco legal de acceso a la información y gobernanza ambiental de acuerdo al ya mencionado convenio (Milleu Consulting, 2019).

El emblemático Convenio de Aarhus nos da un sintético ejemplo sobre el lento avance de las directivas y convenios supranacionales en pos de generar al interior de las naciones un marco jurídico que arrope el involucramiento de la ciudadanía en temas de información y decisiones medioambientales. Sin embargo, es innegable que una vez iniciado dicho avance es imparable. Ahora bien ¿Cómo se llegó a encumbrar a la demanda de la presencia de la ciudadanía en la temática medio ambiental? ¿Hubo algún punto de inflexión que cambió súbitamente el dominio de los grandes actores nacionales y supranacionales en temas del medio ambiente? Posiblemente la respuesta la encontremos en el año de 1992 con la Agenda 21.

1. Lo local y el cambio climático en la Ciudad de México

Los problemas del medio ambiente en el mundo son problemas compartidos que requieren esfuerzos conjuntos, no solo entre las ciencias sino también entre los individuos que conforman la sociedad y los Estados.

Los problemas ambientales que padece la humanidad no son desafíos inconexos, no pueden tratarse por separado de otros riesgos y crisis que caracterizan la realidad mundial actual. No se presentan en forma de sistemas autónomos enraizados por un lado en el medio ambiente y por el otro en la sociedad, sino que son parte de un sistema único y complejo en el que confluyen y se mezclan las dimensiones ambiental, política, social, cultural, económica y psicológica de nuestra

existencia. En consecuencia, el cambio ambiental global es al mismo tiempo un problema ambiental y un problema social (ONU [CICS/UNESCO], 2015).

El cambio ambiental global comprende la pérdida de biodiversidad, cambios a gran escala en los recursos hídricos, cambios fundamentales en los ciclos del nitrógeno y el fósforo, agotamiento del ozono y acidificación del océano. También incluye el cambio climático que, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), es el problema ambiental más grave al que hace frente la humanidad (ONU, 2015).

El cambio ambiental global es el fenómeno que abarca todos los cambios biofísicos registrados en todas las áreas del planeta, tierras, océanos, atmósfera y criosfera. Muchos de estos cambios han sido inducidos por la actividad humana, como el consumo de combustibles fósiles, la deforestación, la agricultura intensiva, la urbanización, la sobreexplotación pesquera y la producción de desechos.

De acuerdo con el ONU (2015), el cambio ambiental está íntimamente conectado con la aceleración de la producción y el consumo, el crecimiento demográfico, la globalización socioeconómica y cultural y la generalización de las pautas de desigualdad. En conjunto, estos factores constituyen una característica fundamental de la vida contemporánea, que precisan de políticas innovadores y de una profunda transformación social.

Según Ochoa (2016), las dificultades que afrontamos en las sociedades actuales exigen la participación de los ciudadanos para buscar, en conjunto, el bienestar de todos los seres humanos. En México, las organizaciones de la sociedad civil de corte ambiental han sido un aliado para la creación de soluciones frente al deterioro ambiental, así como impulsoras de una nueva forma de participación ciudadana. Cabe recalcar que dicha participación se ha caracteriza por ser desde el ámbito de lo local.

Autores como Ziccardi (2000) consideran que es en el ámbito local donde el ejercicio de la ciudadanía tiene mayores posibilidades de ser efectivo. De acuerdo con la autora, es a través de la participación en los asuntos locales, el ciudadano comprende sus derechos y responsabilidades, se familiariza con las reglas del juego democrático, y cultiva en sí el respeto a las instituciones. “Es en el barrio, la colonia, los municipios que forman parte de la ciudad, donde los individuos acceden, en condiciones diferenciales, a bienes y servicios que conforman la dimensión social de la ciudadanía,

que definen la calidad de vida que ofrece la ciudad" (Ziccardi, 2000, p. 112).

De acuerdo con Sánchez (2010), el cambio climático, más que un evento que sucede en un tiempo específico, es un proceso que surge de manera progresiva con impactos locales que, a simple vista, no son predecibles o escapan de la percepción de la sociedad. Dicho autor comenta que el cambio climático en la Ciudad de México se expresa de diversas formas. Uno de los elementos que ayudan a entender los problemas urbanos y ambientales en la ciudad y cómo esos problemas se vinculan con los efectos del cambio climático es la consideración de las modificaciones al paisaje natural.

El incremento en la temperatura también está vinculado con las enfermedades transmitidas por vectores, como lo es el dengue, malaria, fiebre amarilla y encefalitis. En específico, en el caso del dengue, el incremento de temperatura en un escenario de cambio climático en la Ciudad de México podría ampliar la frontera geográfica del dengue.

Por otra parte, Sánchez (2010) indica que la intensidad de la isla de calor en la Ciudad de México tiene implicaciones importantes en la salud de los habitantes así como en la actividad social y económica. Temperaturas más elevadas pueden también incidir en las concentraciones de ozono, uno de los contaminantes importantes en la ciudad por sus efectos sobre la salud. Cabe destacar que un elemento con grandes beneficios ecológicos son los cuerpos de agua; los cuales contribuyen a reducir la temperatura en 3.5 °C.

Así mismo, el cambio climático agrava los problemas asociados con fenómenos hidrometeorológicos en la Ciudad de México, problemas que han sido recurrentes a lo largo dela historia de la Ciudad. El número y la severidad de las inundaciones han aumentado con el crecimiento urbano y el incremento de la precipitación (Aguilar, 2011; Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2011; Sistema de Aguas de la Ciudad de México [SACMEX], 2014; Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2014).

Para finalizar, cabe mencionar que ante el escenario mencionado con relación a los efectos del cambio climático en la Ciudad de México, es posible identificar y precisar diferentes acciones locales que algunas organizaciones de la sociedad civil han llevado a cabo. Tal es el caso de la protección de espacios públicos con valor ambiental, como lo es el Canal Nacional, ubicado en la zona central de la Ciudad de México.

2. De la Agenda 21 a la Agenda 2030

Otro de los varios resultados de la cumbre del Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 fue la Agenda 21 el cual es un documento de obligada referencia al momento de articular lo local con el tema medio ambiental. A lo largo del siglo XX la cuestión medioambiental era monopolizada por los gobiernos nacionales y las agencias supranacionales. La inclusión de la sociedad civil al momento de hablar de medio ambiente fue un proceso gradual que aún sigue desarrollándose, sin embargo podemos encontrar su génesis en la Agenda 21.

Lo anterior sirvió para horadar el terreno que posteriormente habría de ocupar la sociedad civil ya no como elemento accesorio de los gobiernos sino como elemento en favor de la temática medioambiental con densidad y especificidad propias.

Uno de los pilares más importantes de la Agenda 21 fue el referente al Desarrollo Sustentable. Dicho documento apuntaló la necesidad de crear diálogos e interrelaciones entre los aspectos sociales, ambientales y económicos, lo que posteriormente devino en el paradigma del llamado Desarrollo Sustentable.

Luego de 25 años de haber sido creada y tras múltiples revisiones y adecuaciones, en septiembre de 2015 se establece la Agenda 2030 y se crean los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El nuevo documento retoma mucho del espíritu de la Agenda 21 en lo que se refiere a la importancia de la acción de los gobiernos locales, sin embargo dada la diversidad y compleja heterogeneidad de los actores involucrados fue necesario crear guías que orientasen la acción de los distintos actores implicados, tanto públicos como privados, tanto locales como supranacionales. Derivado de lo anterior los recientemente creados Objetivos de Desarrollo Sostenible tienen la función de actuar como una brújula a la hora de armonizar los planes nacionales con los compromisos mundiales de los países (ONU, 2019).

Autores como Sosa (2002) enfatizan la importancia de la concepción del gobierno *más* cercano, puesto que en el estudio del mismo se pueden "…descifrar las claves del diseño institucional que aseguren que toda instancia pública se mantenga cometida a un mandato social y no sólo a los propósitos de quienes las dirigen" (p. 809).

Así, tras haber hecho una breve recapitulación sobre el proceso de empoderamiento de la sociedad civil a través de la inclusión de los gobiernos locales en directrices globales como la Agenda 21 -y como actualmente lo es la Agenda 2030- podemos afirmar que dicho empoderamiento redunda en un papel más activo por parte de la sociedad civil para tratar un amplio espectro de aspectos y problemáticas. En las líneas siguientes nos ceñiremos a tratar los aspectos relacionados con las acciones que algunos sectores de la sociedad civil realizan frente al cambio climático en la Ciudad de México en materias específicas relacionadas con el aspecto hídrico.

3. Organizaciones de la sociedad civil y el Canal Nacional

Ceccon y Flores (2012), indican que en la década de los noventa del siglo XX, el país de Latinoamérica con el mayor número de organizaciones de la sociedad civil ambientalistas era Brasil, seguido por Argentina y México. De este conjunto, poco más de un tercio podrían describirse como organizaciones ambientalistas en un sentido amplio, y un cuarto como conservacionistas.

En México, la actividad de las organizaciones de la sociedad civil está regulada por la Ley Federal de Fomento a las Actividades Realizadas por Organizaciones de la Sociedad Civil (LFFAROSC, 2004), pero también existen otras leyes específicas en cada entidad federativa.

Su Artículo 5, Capítulo II, la LFFAROSC, establece las 19 actividades sociales y ambientales de las organizaciones de la sociedad civil que son objeto de fomento. Cabe mencionar que la Actividad XII se refiere al apoyo en el aprovechamiento de los recursos naturales, la protección del ambiente, la flora y la fauna, la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la promoción del desarrollo sustentable a nivel regional y comunitario, de las zonas urbanas y rurales. De acuerdo con el Sistema de Información del Registro Federal de las Organizaciones de la Sociedad Civil, el 17.8% del total de éstas organizaciones (5,636) reportan esta actividad.

De acuerdo con Rodríguez (2017), la distribución de las organizaciones de la sociedad civil por entidades federativas es muy desigual; en julio de 2015 la mayoría se localizaba en la Ciudad de México (6,113), seguida del Estado de México, Veracruz, Oaxaca y Chiapas.

Por otra parte, el Canal Nacional es un espacio socio-ambiental que pasa por cuatro demarcaciones territoriales de la Ciudad de México –Coyoacán, Iztapalapa, Tlalpan, Xochimilco. Derivado de la larga data de acciones en favor de su conservación, mantenimiento y rescate por parte de la sociedad civil se presentarán las principales organizaciones y acciones que estas realizan en favor del sitio (Aguilar, 2019; Arteaga, 2004).

Es importante decir que los servicios ambientales que brinda el Canal Nacional a lo largo de sus 8.7 kilómetros de extensión apelan directamente a atenuar los efectos del calentamiento global, no hay que olvidar que el espacio no sólo es un buffer ambiental sino un lugar capaz de infiltrar agua, dar alojamiento a distintas especies de flora y fauna; y quizá lo más importante un lugar donde el individuo crea y recrea una relación socio-ambiental directa y local.

A continuación, se presentan las organizaciones que desde su trinchera realizan acciones en pro del Canal Nacional y que implícitamente conllevan una posición frente a problemáticas ambientales actuales como la degradación de espacios hídricos urbanos, y eventualmente el avance del cambio climático.

4. Club de Patos para el Rescate del Canal Nacional

Club de Patos inició su labor en el Canal Nacional en 2004, como respuesta a las graves condiciones insalubres en las cuales se encontraba el cauce debido al abandono que tuvo el Gobierno de la Ciudad de México desde el año 1997. La proliferación de moscos en la zona fue una de las quejas más importantes.

En vista de la inacción del gobierno del entonces Distrito Federal, se convocó a la primera jornada de limpieza vecinal en mayo de 2004.

> Club de Patos nace por una cuestión muy puntual, que es el absoluto descuido que tenía el gobierno a este cuerpo de agua que se había convertido en un basurero (…) había estado invadido también de aguas residuales y porque había también una plaga de mosquitos por toda esta situación insalubre de Canal Nacional, entonces Club de Patos surge de la asociación de estos vecinos (…) empiezan a movilizarse y empiezan a tener logros en su gestión que van haciendo que el Canal mejore cada vez más, que deje de ser un criadero de mosquitos, que este totalmente tapizado de lirio acuático. (Entrevista a miembro de Club de Patos para el Rescate del Canal Nacional como se citó en Aguilar, 2019, p. 101)

Posteriormente, para el año 2007 algunos vecinos deciden conformar el llamado Club de Patos como una Asociación Civil.

> (…) de algo muy pequeño, de un grupo pequeño de vecinos, que no éramos más de 10 se empieza después ya a conformar una organización que empieza a tener mucha cobertura en los diferentes medios de comunicación, principalmente porque el Canal Nacional, con ese abandono, logramos que las autoridades empezaran a apoyar las jornadas de limpieza, logramos que los buzos de Sistema de Aguas también empezaran a apoyar en sacar los tules que estaban ya completamente metidos en el cauce, había mucho pasto también que se había ya corrido hacia el cauce, pasto ya de tipo empantanado, y las cuadrillas de apoyo emergencias del Sistema de Aguas, bueno, jugaron un papel importantísimo. (Entrevista a miembro de Club de Patos para el Rescate del Canal Nacional como se citó en Aguilar, 2019, p. 102)

Un elemento característico de Club de Patos a lo largo de más de 15 años de labor en el Canal Nacional, es la creación de una cultura de voluntariado. Club de Patos buscó siempre tener vínculos con instituciones educativas y empresas a fin de acceder a voluntarios de diversos orígenes y lugares. A la larga esto provocó la difusión y conocimiento de la existencia del Canal Nacional así como de su problemática. Para efectos de la relación con la autoridad, es importante mencionar que Club de Patos ha tenido relación constante con distintos organismos de gobierno en sus diferentes órdenes.

La principal fuerza de trabajo de Club de Patos se ha basado en la gestión del trabajo voluntario con grupos como los scouts y con instancias gubernamentales como el Instituto de la Juventud de la Ciudad de México.

Así mismo, Club de Patos ha brindado apoyo a alumnos de diversas instituciones educativas y miembros de organizaciones de la sociedad civil, para la realización de diversos proyectos. Hasta el año 2019, la organización tiene en su haber 43 proyectos de investigación en los cuales ha tenido algún tipo de participación.

Algunas de las acciones representativas que Club de Patos ha desarrollado del año 2004 a la fecha son: retiro de basura del cauce con ayuda de lanchas; reforestación con especies nativas; pesca de carpa común y tilapia; retiro de lirio acuático y lentejilla del agua; monitoreo de patos, gansos y aves silvestres (pato mexicano, garza blanca, garcilla verde, garza nocturna y gallareta frentirroja); muestreo epidemiológico de patos y gansos contra enfermedades como la influenza y salmonela; platicas de educación ambiental, cultura cívica y sobre el rescate y conservación del

Canal Nacional; organización y logística de megajornadas de limpieza.

5. Club de Corredores Coyohuacan

La organización fue creada hace 20 años expresamente con la intención de incentivar el deporte –específicamente lo relacionado con correr y trotar- en la zona sur del Canal Nacional. Al inicio y tras la coincidencia de cuatro corredores, buscaron mejorar las condiciones de la Ciénega Grande para poder realizar su actividad física, es decir, cortar el pasto, limpiar la zona, etc. Actualmente Club de Corredores Coyohuacan tiene aproximadamente 70 miembros, entendiendo por miembro personas que no necesariamente participan en todas las actividades organizadas pero que usualmente realizan ejercicio en la zona, son identificadas por los otros miembros y que poseen una playera con el logotipo de la organización.

Las acciones que la organización reconoce como las más emblemáticas en favor del Canal Nacional son la recuperación de la pista de atletismo que corre por 2 kilómetros a la vera del cauce, las jornadas de limpieza, la instalación de la bomba que circula el agua del cauce –comprada con aportaciones voluntarias de los miembros-, reforestación de la zona y la promoción de talleres ambientales para niños.

Los diferentes miembros de Club de Corredores Coyohuacan han apropiado el espacio del Canal Nacional como un lugar que los ha unido y al que le deben no sólo salud –en tanto ahí pueden correr y mantenerse sanos- sino la amistad de otros corredores amén de otros beneficios subjetivos e íntimos que a lo largo de 20 años los corredores le han atribuido al Canal Nacional.

En resumen, las acciones más importantes que realiza Club de Corredores Coyohuacan son: recuperación de la pista de atletismo que corre por dos kilómetros a la vera del cauce; jornadas de limpieza y mantenimiento; compra, instalación y mantenimiento de la bomba que recircula agua del cauce con el fin de evitar la proliferación de la lentejilla de agua; reforestación de la zona de la Ciénega Grande; promoción del deporte y talleres ambientales en la zona.

6. Grupo Cultural Culhuacán

La organización se gestó en 2008 a partir de una convocatoria general realizada por el en ese entonces estudiante de historia D. Rosas. El objetivo fundacional de la organización consistió en

promover, difundir y conservar las tradiciones, usos y costumbres del Pueblo de Culhuacán y sus once barrios.

La organización tiene la particularidad de haber participado en las acciones de confrontación y adecuación de la obra de la línea 12 del metro de la Ciudad de México desde su inicio en 2008 hasta su término en 2012.

Específicamente con el tema del Canal Nacional la organización identifica que sus principales acciones han sido: jornadas de limpieza; gestión de recursos ante autoridades con el fin instalar equipamiento urbano en los lindes del Canal Nacional (kiosco, gimnasios al aire libre, juegos infantiles); brindar capacitación en temas ambientales a los vecinos, vía recursos derivados de convocatorias del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegida (CONANP); documentación y registro de los aspectos socioculturales de la relación entre el Pueblo de Culhuacán y el Canal Nacional y; vinculación con la comunidad a través de talleres y visitas guiadas por sitios emblemáticos de la zona.

La organización dota de un significado de patrimonio natural y cultural al Canal Nacional. Por lo que si bien Grupo Cultural Culhuacán se centra en aspectos eminentemente culturales de los barrios originales, con el tiempo el tema del Canal Nacional y su vertiente socio-ambiental han sido incluidos en el quehacer de la organización.

Por lo anterior la especificidad de la organización consiste en el vínculo de cercanía que ha desarrollado con los habitantes de Culhuacán. La organización se distingue de las demás por enfatizar la revalorización y apreciación del entorno del pueblo de Culhuacán por parte de los habitantes. Dicho entorno pueden ser lugares concretos –como el Canal Nacional- o bien elementos abstractos como tradiciones, festividades y costumbres.

En resumen, las acciones que realiza Club de Corredores de Coyohuacan con relación al Canal Nacional son: recuperación de la pista de atletismo que corre por dos kilómetros a la vera del cauce; jornadas de limpieza y mantenimiento; compra, instalación y mantenimiento de la bomba que recircula agua del cauce con el fin de evitar la proliferación de la lentejilla de agua; reforestación de la zona de la Ciénega Grande y; promoción del deporte y talleres ambientales en la zona.

7. Guardianes del Canal

La organización surge espontáneamente de la actividad de limpia que un conjunto de vecinos del Barrio de Santa María Tomatlán, en la actual alcaldía de Iztapalapa, realizaban en el Canal Nacional en el año 2009. A falta de lanchas que les permitieran limpiar el cauce, los vecinos idearon y fabricaron herramientas que les permitiesen sacar el lirio del cauce del Canal Nacional.

A lo largo del tiempo, algunos de estos vecinos acuden a las autoridades locales a reportar cuestiones relativas al mal estado del Canal Nacional en el tramo que va de Calzada de la Virgen a Nimes, las autoridades y las personas al ver que estos vecinos se dedicaban a cuidar el sitio empezaron a nombrarles Guardianes del Canal.

Frente a las demás organizaciones, Guardianes del Canal se distingue por su constancia en mantener limpio su tramo a lo largo de todo el año. En tiempo de lluvias salen a limpiar dicho tramo cada semana, mientras que en tiempo de secas lo hacen cada 15 días. Las jornadas son en fin de semana y no se cuenta con voluntarios –no es importante para la organización incentivar el voluntariado. Son los mismos vecinos que integran la organización quienes por sus actividades personales marcan el fin de semana como el mejor momento para realizar jornadas. La organización cuenta con herramientas como desbrozadoras, hilo y machetes, y son ellos quienes cooperan para comprar el diésel necesario para las primeras.

En resumen, las acciones que llevan a cabo Guardianes del Canal son: rescate y mantenimiento del tramo que va de Calzada de la Virgen a Nimes; introducción de gansos en dicho tramo; gestión ante la autoridad para mejorar en las condiciones del tramo del Canal Nacional y; realización de actividades de arraigo cultural, como la representación de La Llorona en el cauce del Canal.

8. Milpaktli

La organización más reciente en su fundación es Milpaktli. Dicha organización –que inició varios años atrás como colectivo- se fundó en 2013 para posteriormente constituirse como Asociación Civil en octubre de 2014. La organización está conformada por jóvenes no mayores de 40 años y amén de apelar a la mejora y cuidado del cuerpo de agua del Canal Nacional subyace la intención de generar un campo laboral para sus miembros y a la vez hacer algo en favor de la comunidad.

> Milpaktli surge por la necesidad de generar una transformación en el lugar en el que habitamos. Algunos de los integrantes de Milpaktli viven a unos metros del Canal Nacional (…). Con el paso del tiempo y después de estar en diversos colectivos nos dimos cuenta que Canal Nacional era un lugar que merecía toda nuestra atención, que merecía todo nuestro esfuerzo y decidimos enfocarnos en Canal Nacional y para eso el proceso que debíamos seguir pues era conformarnos como una OSC, una cuestión más formal (…) llegar a otros niveles. (Entrevista a miembro de Milpaktli como se citó en Aguilar, 2019, p. 121)

> …ha sido también un proceso un tanto largo y pues nos hemos capacitado, hemos tomado talleres como para saber cómo dirigir, hemos tomado talleres para saber escribir proyectos, (…) nos hemos capacitado como para poder cada uno desarrollar un trabajo que hace dentro de la OSC, y pues con la experiencia, con la experiencia de otros porque cuando nosotros llegamos al Canal ya había otros trabajando y lo que hicimos fue también acercarnos a esos grupos para pues recibir también su fortaleza. (Entrevista a miembro de Milpaktli como se citó en Aguilar, 2019, p. 122)

Por lo anterior las principales acciones que Milpaktli ha realizado en su corta vida para con el Canal Nacional, no se han limitado a jornadas de limpieza, se ha partido desde trabajar con la comunidad en actividades de concientización y educación ambiental hasta gestionar eventos que involucren a las demás organizaciones que tienen como razón de ser la mejora de las condiciones del Canal Nacional.

Así, lo que distingue a Milpaktli de las demás organizaciones es que sus miembros ocupan puestos con base en una planeación y división del trabajo más allá de sólo llenar vacíos dentro de la ya mencionada organización. Según sus propios integrantes, la creatividad como sello de la juventud y la constante búsqueda de integrar a la población local son elementos constitutivos del trabajo de la organización.

En resumen, una de las principales acciones que realiza Milpaktli es el trabajo comunitario *in situ*. Otra de las acciones emblemáticas es la implementación del programa *Cambia de Canal* que consiste en: diagnóstico de problemática local del Canal Nacional; realizar trabajo de inserción con la comunidad para crear apropiación entre ésta y el Canal Nacional (tardes de cine, recorridos senso-perceptivos, actividades lúdicas para niños relativas al cuidado del Canal Nacional); limpieza constante del tramo de Canal Nacional (no menos de 2 veces a la semana) y; construcción, siembra y mantenimiento de huertos urbanos en los bordes del Canal Nacional.

Cabe destacar que Milpaktli, en año 2018, tuvo a su cargo la gestión y organización del evento ¡Viva el Canal Nacional! Fiesta Ámsterdam CDMX, festival de agua y bicicletas en colaboración con otras organizaciones del Canal Nacional, Greenpeace, Bicitekas y la Embajada de Holanda en México (Velasco, 2018).

9. Conclusiones

A partir de la revisión de las acciones que realizan cinco organizaciones de la sociedad civil en una zona específica de la Ciudad de México, cabe destacar que amén de que en el discurso ni en el objeto social de dichas organizaciones está presente el tema del cambio climático, en su quehacer cotidiano hay acciones específicas para conservar y mantener el sitio, que a su vez, inciden directamente en la lucha contra el cambio climático.

Es digno de resaltar que el tema del rescate del Canal Nacional por parte de diversas organizaciones de la sociedad civil se enmarca dentro de la innovación social y la participación ciudadana. Así mismo, el rescate del Canal Nacional implica a la población no sólo local sino de distintos puntos de la Ciudad de México.

Como se logra observar, la participación ciudadana desde el ámbito local es un medio de combate contra el cambio climático en la Ciudad de México. Las acciones impulsadas derivan de una motivación propia, es decir, derivan de un contexto local de degradación medioambiental que va en contra del ideal de una vida digna con un ambiente sano y por ende con condiciones salubres de vida.

Finalmente, el aporte de las organizaciones ya mencionadas estriba en su actuar local, en su entereza por enfrentar un fenómeno global desde el ámbito más cercano: el local.

Referencias

Aguilar, E. (2011) *La cultura del uso del agua en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Aguilar, E. (2019). *El proceso de participación ciudadana vía la cooperación en entornos hidráulicos en la Ciudad de México: el caso del Canal Nacional*. Tesis doctoral. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede México.

Arteaga, V. (27 de mayo de 2004) Limpian Canal Nacional. *El Universal*. Recuperado de http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/59647.html

Ceccon, E. y Flores, L. (2012). *Lecciones y vivencias ambientales en Morelos. Las organizaciones de la sociedad civil.* Morelos: UNAM/CRIM.

Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). (1998) *Convenio sobre acceso a la información, participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente*. Recuperado de https://www.oas.org/es/sla/ddi/docs/acceso_informacion_desarrollos_convenio_aahrus.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2011) Estadísticas del Agua en México. México: SEMARNAT.

EUR-Lex. (2018) Summaries of EU Legislation. Recuperado de

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM%3Al28056

Georgescu-Roegen, N. (1983): La Teoría Energética del valor Económico: Un Sofisma Particular. *El Trimestre Económico, 50* (2), 829-860.

Landa, R. (2010): *Cambio Climático y Desarrollo Sustentable*. México: PNUD.

Ley Federal de Fomento a las Actividades Realizadas por Organizaciones de la Sociedad Civil (LFFAROSC). (2004, 9 de Febrero) *Diario Oficial de la Federación*.

Milleu Consulting. (2019). Study on EU implementation of the Aarhus Convention in the area of access to justice in environmental matters. Final Report. Brussels.

Ochoa, J. (2016). El voluntariado: Una actividad formadora de ciudadanías activas. En Yurén, T., Ibarra, L.M., Escalante, A.E. (Coords). *Investigación en educación y valores: Ética, ciudadanía y derechos humanos* (pp. 122-131). Cuernavaca: UAEM.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992): *Agenda 21*. Recuperado de http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/index.shtml

ONU. (2019) Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Recuperado de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/

ONU (CICS/UNESCO). (2015). *Informe Mundial sobre Ciencias Sociales 2013; Cambios ambientales globales*. París: UNESCO.

Rodríguez, L. (2017). El desarrollo de las ONG de México y su coincidencia con los objetivos para el desarrollo sostenible de Naciones Unidas. CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, núm. 91, 2017, pp. 59-84. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17454620003

Sánchez, R. (2010) El cambio climático y la Ciudad de México: retos y oportunidades. En J. Lezama y B. Graizbord (coord.). *Los grandes problemas de México. Medio Ambiente* (193-226). México: El Colegio de México.

Sanchís, F. (2003) El Convenio de Aarhus. En Ecologista (38) pp: 40-42. Recuperado de https://issuu.com/ecologistasenaccion/docs/elecologista38

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2014) Temperaturas y Lluvia. Recuperado de http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77

Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex). (2014) Plan Agua para el Futuro CDMX. México: Autor.

Sosa, J. (2002). *El Gobierno más cercano: Percepciones ciudadanas sobre la Administración Pública en México.* En Foro Internacional 42(4), 809-830.

Velasco, S. (26 de marzo de 2018) Piden parque con ciclovía. *Reforma*. Recuperado de https://busquedas.gruporeforma.com/reforma/Documento/Impresa.aspx?id=6706763|InfodexTextos&url=https://hemerotecalibre.reforma.com/20180326/interactiva/RCIU20180326-004.JPG&text=%22Piden+parque+con+ciclov%eda%22&tit=Piden%20parque%20con%20ciclov%EDa

Ziccardi, A. (2000). Las ciudades y la cuestión social. En Ziccardi, A. (Comp.) *Pobreza, Desigualdad social y ciudadanía* (pp. 85-126). Argentina: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.

CAPITULO 8

EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUATRO SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PRIORITARIOS PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

González Martínez T.[1], Ávila V.[2], Cantoral E.[3], y Almeida L.[4]

[1] Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo teresa.gonzalez@colpos.mx

[2] Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México vicaviak@gmail.com

[3] Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, Campus Juriquilla, UNAM cantoral@ciencias.unam.mx

[4] Facultad de Ciencias, UNAM lucia0950@ciencias.unam.mx

Resumen

Para asegurar la habitabilidad en la Ciudad de México, es necesario conocer el estado actual y futuro de sus servicios ecosistémicos (SE). Se analizó el efecto del cambio climático (CC) sobre la vegetación y cuatro SE, en tres microcuencas del Suelo de Conservación; la modelación climática se realizó con el modelo ECHAM5 (escenarios A1B y A2, horizontes temporales 2030 y 2050). Con el CC se modificará la distribución potencial, estructura y composición de las comunidades vegetales, especialmente del bosque de oyamel. Por ello es fundamental implementar estrategias de manejo socioecosistémico que favorezcan la presencia de comunidades vegetales saludables, resilientes y funcionales, con alta cobertura en sus zonas de redistribución potencial. Si esto se logra, la expansión de los bosques de encino, mixto y pino, incrementará la capacidad de almacenamiento de carbono hasta 13%; mientras que la erosión hídrica podría reducirse hasta 35% debido a la disminución de la erosividad de la lluvia. No obstante, la reducción del hábitat de las plantas vasculares conducirá a la desaparición de especies en el tope altitudinal y en la zona más húmeda; además, la provisión de agua disminuirá hasta 10.77 Mm^3 anuales debido a una menor precipitación y al aumento de la evapotranspiración.

Palabras clave: bosques periurbanos; funcionamiento ecosistémico; migración de la vegetación.

Abstract

To ensure Mexico City habitability, it is necessary to know the current and future state of its ecosystem services (ES). The effects of climate change (CC) on vegetation and four ES in three micro-basins of the Conservation Area were analyzed; climate modeling was carried out with the ECHAM5 model (A1B and A2 scenarios, 2030 and 2050 time horizons). With the CC, the potential distribution, structure and composition of plant communities will be modified, especially in the oyamel forest. Therefore, it is essential to implement socioecosystemic management strategies that favor the presence of healthy, resilient and functional plant communities, with high coverage in their potential redistribution areas. If this is achieved, the expand of oak, mixed and pine forests will increase the carbon storage capacity up to 13%; while the water erosion could be reduced up to 35% due to the rain erosivity decrease. However, the reduction in the vascular plants habitat will lead to species disappearance at the upper altitude and in the most humid zone; furthermore, the water supply will decrease by up to 10.77 Mm^3 per year, due to less rainfall and increased evapotranspiration.

Key words: periurban forests; ecosystem functioning; vegetation migration.

Introducción

Los servicios ecosistémicos (SE) son beneficios que obtenemos directa o indirectamente de las características, funciones y procesos de los ecosistemas (Costanza et al., 2017). De acuerdo al grado de relación con el bienestar humano y a la forma en que se producen, suelen clasificarse en cuatro categorías: provisión, regulación, soporte y culturales (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005).

Los SE de provisión se obtienen directamente de los ecosistemas y son bienes tangibles, finitos y medibles, como el agua y los alimentos. Los de regulación son generalmente directos pero intangibles y se derivan de procesos que mantienen condiciones ambientales adecuadas para la vida humana, como la regulación de la calidad del agua y el aire, o la pérdida de suelo. Los de soporte son generalmente indirectos y se obtienen de los procesos básicos que aseguran el funcionamiento de los ecosistemas y la existencia de los demás SE, como la provisión de hábitat y los ciclos biogeoquímicos.

Los SE culturales se obtienen de la interacción con los ecosistemas, a partir de la percepción e interpretación personal y colectiva, por ejemplo la recreación y la belleza escénica[1] (Almeida-Leñero, Pisanty-Baruch y González-Martínez, 2016).

Debido a que las ciudades son territorios altamente transformados que tienen baja capacidad para generar SE, mantienen localmente una compleja relación de dependencia con los ecosistemas periurbanos, y regional y globalmente con ecosistemas más alejados (Jansson, 2013). Aunque muchos SE otorgan un beneficio a las personas a través de activos antropógenos como la infraestructura, el capital financiero, la tecnología, el conocimiento y las organizaciones sociales e instituciones que los respaldan (capital construido, humano y social), es innegable que la pieza clave en esta interrelación es el correcto estado de conservación de los ecosistemas (capital natural) (Costanza et al., 2017).

En la actualidad estamos ante una emergencia mundial, en la que los ecosistemas que permiten la existencia de los SE, están enfrentando un deterioro vertiginoso con graves consecuencias para la humanidad (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES], 2019). Uno de los impulsores directos de cambio que está adquiriendo cada vez mayor relevancia es el CC, ya que afecta distintas escalas de la organización de la naturaleza, que va

1 Para consultar información sobre los SE que se producen en la Ciudad de México, revisar Almeida-Leñero et al. (2016).

de los genes hasta los ecosistemas (Pauls, Nowak, Bálint y Pfenninger, 2013; Keenan, 2015). De acuerdo al IPBES (2019), el CC va a exacerbar los efectos de otros impulsores directos de cambio que hasta el momento han generado el mayor deterioro sobre los ecosistemas terrestres, como son la expansión de terrenos agrícolas, el crecimiento de las ciudades y de la infraestructura vinculada al aumento de población, la contaminación y la proliferación de especies invasoras (IPBES, 2019). Por tanto, es crucial disponer de información que permita asentar decisiones en materia de políticas y manejo de ecosistemas, para proporcionar SE de manera sostenible.

La Ciudad de México posee una zona urbana de aproximadamente 609 km^2 (41 % del territorio de la entidad), que concentra poco más de nueve millones de personas (Reygadas, 2016; Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020). Además, forma parte de una de las metrópolis más grandes y pobladas del mundo (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos [OCDE], 2015), lo cual la hace altamente demandante de SE. Para asegurar la habitabilidad en la Ciudad de México bajo un contexto de CC, es deseable conocer el estado actual y futuro de los SE de los cuales dependen sus habitantes.

Los bosques periurbanos son esenciales para generar numerosos SE (Borelli, Conigliaro y Pineda, 2018). Una de las zonas productoras de SE más importantes para la Ciudad de México, por la extensión y estado de conservación de sus ecosistemas, se ubica en los bosques periurbanos del sur y sur-poniente de la entidad, que forman parte del Suelo de Conservación (Almeida-Leñero et al., 2016). En este documento se sintetizan los resultados de distintos proyectos de investigación realizados en las microcuencas Magdalena, Eslava y Viborillas, las cuales son representativas de dicha zona (Figura 1). Estas microcuencas fueron utilizadas como sitios de referencia para analizar los efectos del CC en la producción local de SE prioritarios para la Ciudad de México, y para plantear medidas de mitigación y adaptación ante la problemática detectada (Almeida-Leñero et al., 2013a; 2013b). Forman parte de la Sierra de las Cruces y tienen, en conjunto, una extensión de 7,698 ha (Figura 1).

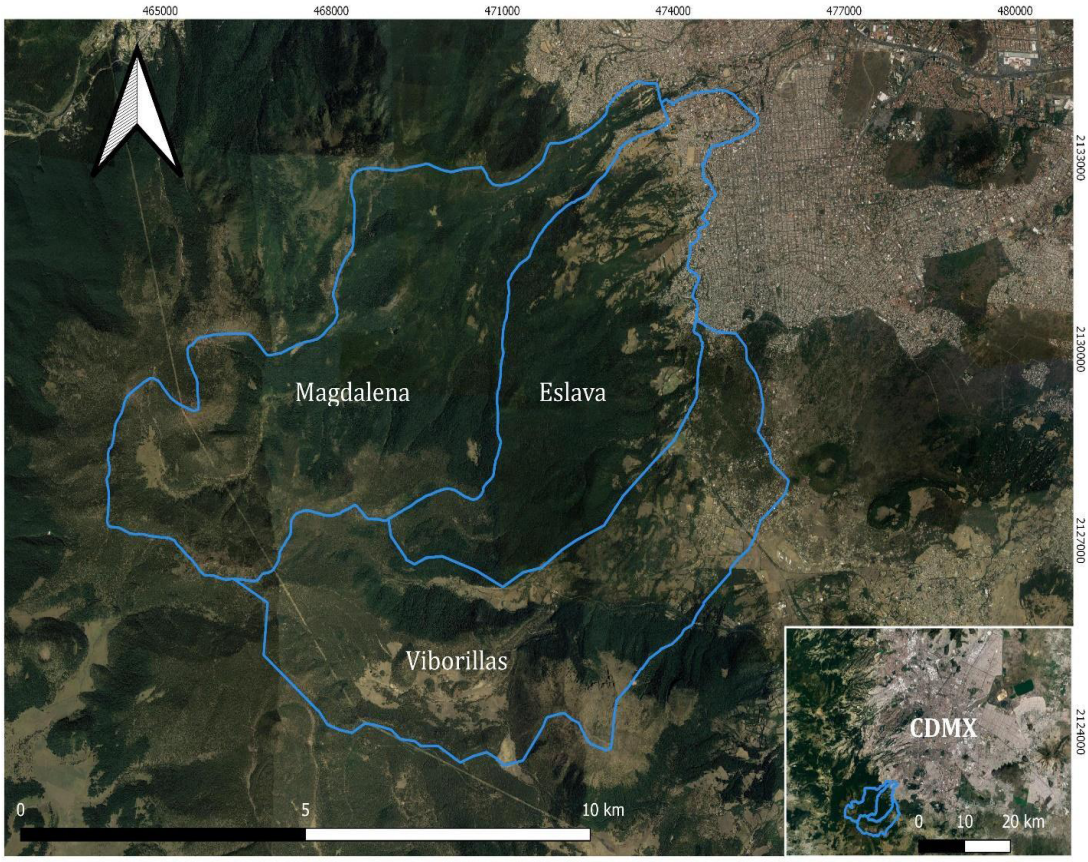


Figura 1. Mapa de ubicación de las microcuencas, Magdalena, Eslava y Viborillas, al suroeste de la Ciudad de México. Fuente: elaboración propia.

La figura 2 resume la metodología empleada en este trabajo. Se construyó una línea base a partir de la caracterización climática (con datos de temperatura y precipitación), de la vegetación y de cuatro SE: provisión de hábitat, almacenamiento de carbono, control de la erosión y provisión de agua. El efecto del CC sobre los SE, se estimó tomando en cuenta tanto los cambios en los patrones de precipitación y temperatura, como el efecto de la redistribución potencial de las comunidades vegetales derivadas de dichos cambios.

La modelación climática se realizó para los horizontes temporales 2030 y 2050. Se utilizó como base la información regional generada por el Instituto Nacional de Ecología (INE, 2007) y el Centro de Ciencias de la Atmósfera-Universidad Nacional Autónoma de México (CCA-UNAM, 2007) con el modelo de circulación general ECHAM 5 (Roeckner et al., 2003) para los escenarios de

emisiones A1B y A2[2].

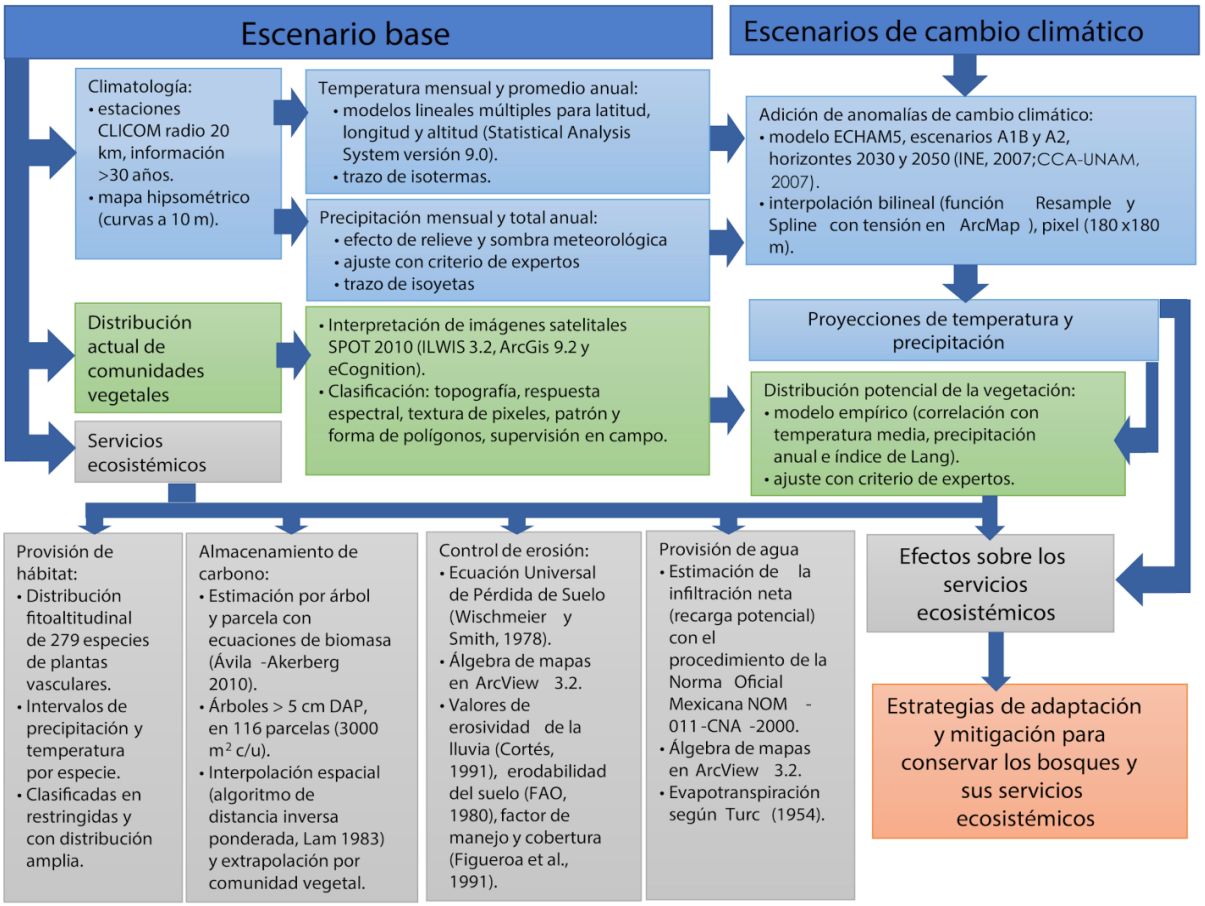


Figura 2. Diagrama de flujo que muestra las variables empleadas en la construcción de la línea base y la modelación de los escenarios esperados ante el cambio climático en las microcuencas Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México. Fuente: elaboración propia.

El escenario A1B corresponde a un panorama mundial con crecimiento económico muy rápido, la población alcanza su máximo a la mitad del siglo XXI y declina posteriormente. Presenta una rápida introducción de nuevas y más eficientes tecnologías que permite un balance entre el uso de fuentes de energía fósil y no fósil. El escenario A2 describe un mundo con emisiones de gases de efecto de invernadero altas, población mundial en continuo crecimiento, desarrollo económico por regiones y un cambio tecnológico más fragmentado y lento que en otras familias de escenarios

2 A partir de la 5ª comunicación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático se modificaron los modelos para hacer proyecciones de cambio climático a partir de cuatro trayectorias de forzamiento radiativo (RCP). Sin embargo, la modelación climática en que se basó este trabajo fue realizada antes de dicho cambio. Cabe señalar que nuestras proyecciones de precipitación y temperatura son similares a las que se han obtenido utilizando los nuevos modelos para las trayectorias RCP4.5 y RCP8.5 (Sosa-Rodríguez, 2019; Soto y Herrera, 2019; Behzadi, Wasti, Rahat, Tracy y Ray, 2020).

(Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2001).

En el análisis de distribución potencial de las comunidades vegetales se incorporaron tanto cambios en las superficies de distribución, como en la composición y estructura de las comunidades vegetales. Esto fue posible gracias a que la modelación incluyó el juicio de expertos, e información muy detallada de la composición y estructura de la vegetación actual (Nava, 2006; Ávila-Akerberg, 2010), la condición del arbolado (Hernández-Sánchez, 2012) y la experiencia de 20 años de trabajo en la zona (Almeida-Leñero, 2012). Factores climatológicos locales como la sombra orográfica y la topografía también se tomaron en cuenta.

1. Distribución potencial de las comunidades vegetales frente al cambio climático

El CC promoverá el desacoplamiento entre las zonas actuales de distribución de las comunidades vegetales y las áreas con condiciones climáticas apropiadas para su desarrollo, debido al aumento en la temperatura, la disminución de la precipitación o ambas (Svenning y Sandel 2013; Alexander et al., 2017). En el mejor de los casos, las especies dominantes tendrán la capacidad de migrar rápidamente (de manera natural o con intervención humana) hacia zonas con condiciones adecuadas (i.e. zona de distribución potencial). Lo cual va a generar una redistribución de las comunidades vegetales, provocando la reducción o aumento de las superficies que ocupan actualmente (Sáenz-Romero et al., 2016). Es probable que en las zonas de desacoplamiento de las comunidades vegetales se experimenten eventos de disminución poblacional masiva antes de ser colonizadas por otras especies (Hartmann et al., 2018), o que los individuos se debiliten y queden más susceptibles a agentes de perturbación naturales, como incendios, plagas y enfermedades. Esto puede generar cambios sustanciales en la estructura y composición de las comunidades vegetales y en los SE que proveen (Thom y Seidl, 2016).

La vegetación de las microcuencas Magdalena, Eslava y Viborillas está integrada por bosques templados característicos de la zona montañosa que rodea a la Ciudad de México al Sur y Sur-poniente. Presenta un marcado gradiente altitudinal entre los 2400 msnm y 3850 msnm (Figura 3). En esta zona se presenta una precipitación media anual de 1013 mm, una temperatura media de 8°C y un índice de Lang[3] medio de 151.

3 El índice de Lang es un parámetro para medir la limitación de humedad debido a los cambios en la precipitación y la temperatura. Se estima como el cociente entre ambas (Lang, 1920).

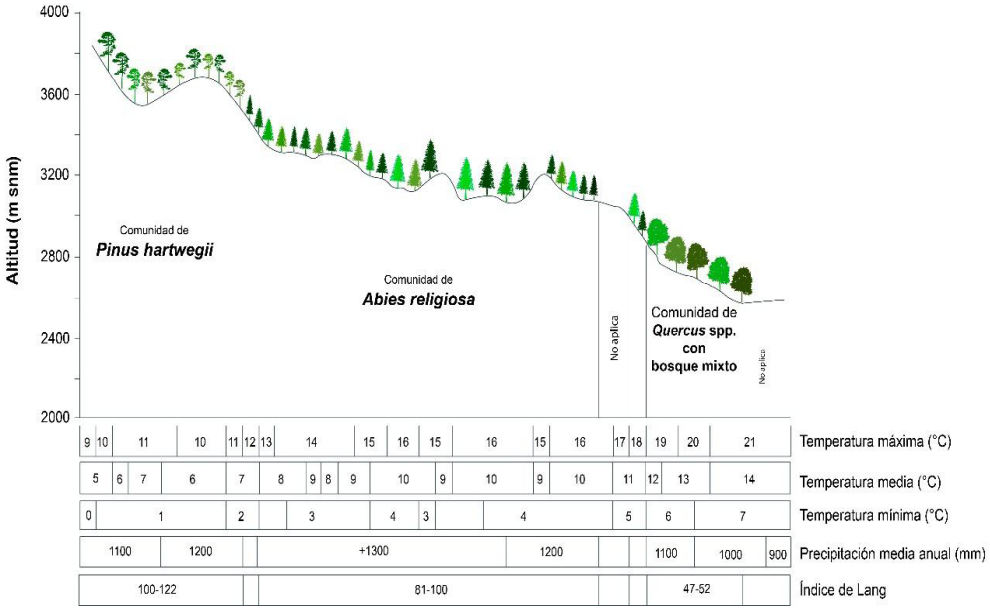


Figura 3. Perfil de vegetación y de parámetros meteorológicos (temperaturas anuales máximas, medias y mínimas, precipitación e índice de Lang) del escenario base en las microcuencas Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México. Fuente: modificado de Dobler-Morales (2010).

En las partes más bajas (<2960 msnm) se encuentran las comunidades vegetales de bosque mixto y de encino (*Quercus* spp.*)*. La temperatura media anual es de 11°C, mientras la precipitación media anual es de 960 mm, y el índice de Lang de 86; cabe señalar que el límite inferior de distribución de estas comunidades vegetales está determinado por la presencia de zonas urbanas y agrícolas, así como pastizales inducidos, por lo tanto, no debe ser considerado como su límite de distribución natural. La comunidad del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) se distribuye en un gradiente altitudinal de 2800 a 3300 msnm, presenta la precipitación media anual más elevada en la zona de estudio (1165 mm), temperatura media de 8°C e índice de Lang de 150. La comunidad del bosque de pino (*Pinus hartwegii*) se encuentra en las partes más altas y frías (>3200 msnm), con temperatura media de 6° C, precipitación media anual de 1140 mm e índice de Lang de 198. En ciertas zonas es posible encontrar comunidades vegetales fuera de los límites habituales de distribución, debido a condiciones orográficas particulares como las barrancas o la orientación de las laderas.

Considerando la modelación climática, para el escenario A1B se espera que la temperatura media aumente 1.7 y 2.3ºC para 2030 y 2050, respectivamente, y la precipitación anual disminuya 145 y 158 mm, respectivamente. Asimismo, el índice de Lang disminuirá 38% para 2030 y 43% para 2050. Bajo el escenario A2 el aumento de la temperatura media será de 2.1 y 3.0ºC para 2030 y 2050, respectivamente. La precipitación se reducirá 78 y 164 mm para 2030 y 2050, respectivamente, mientras que el índice de Lang disminuirá 37% para 2030 y 47% para 2050.

La mayor superficie con cambios en la distribución potencial de las comunidades vegetales se presentará al 2030 y en menor proporción al 2050 (Cuadro 1). Las comunidades de bosque de encino y mixto aumentarán sus zonas potenciales de distribución hacia mayores altitudes. Sin embargo, en los horizontes temporales estudiados, la tendencia será a mezclarse con especies de bosque de oyamel, formando una comunidad de bosque de encino y mixto/bosque de oyamel. Su límite inferior de distribución potencial será similar al actual, aunque es posible que aumente la dominancia de especies tolerantes a condiciones más áridas, sin que ello influya necesariamente en la estructura. En esta zona es más probable que el cambio de uso de suelo genere mayor impacto en el corto plazo, que el CC.

La comunidad de bosque de oyamel experimentará condiciones desfavorables en ambos extremos de su distribución altitudinal. En consecuencia, su zona potencial de distribución se contraerá considerablemente por la reducción de la precipitación. En la parte alta de su distribución actual, el bosque de oyamel se va a entremezclar con el bosque de pino y, en pequeños parches, con bosques mixtos, generando comunidades heterogéneas. La comunidad de bosque de pino se encuentra actualmente en el tope altitudinal, por lo que su distribución potencial no crecerá hacia mayores altitudes. Sin embargo, se espera que pueda extenderse ligeramente sobre zonas de pastizal natural y hacia menores altitudes, ya que es una especie con mucha plasticidad que puede establecerse en zonas con condiciones de menor humedad en comparación el oyamel. Cada una de estas comunidades vegetales representa un ecosistema con características particulares y un funcionamiento distinto. Es por ello que el potencial actual y futuro para generar SE en esta zona puede verse afectado.

Cuadro 1. Superficie de distribución actual y potencial de las comunidades vegetales presentes en las microcuencas de la Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México, México, obtenidas en la modelación climática para los escenarios A1B y A2 y su comparación con el escenario base (2010).

Comunidad vegetal	Escenario base	Escenario A1B		Escenario A2	
		Horizonte 2030	Horizonte 2050	Horizonte 2030	Horizonte 2050
Pastizal-Bosque de pino	363	0	0	0	0
Bosque de pino	1,809	2,242	2,242	2,242	2,242
Bosque de oyamel / pino	300	418	504	766	499
Bosque de oyamel	3,262	2,209	2,173	2,169	2,176
Bosque de oyamel / mixto	0	505	455	197	457
Bosque de encino / mixto	659	1,125	1,125	1,125	1,125
Pastizal	865	865	865	865	865
Otros*	437	331	331	331	331

Datos en ha. *La categoría "otros" incluye: uso de suelo agrícola, afloramiento rocoso, mina, asentamiento humano y canchas deportivas. Fuente: escenario base, modificado de Ávila-Akerberg (2010); escenarios de cambio climático. Elaboración propia.

2. Servicios ecosistémicos bajo un contexto de cambio climático

2.1. Provisión de hábitat

La provisión de hábitat es un SE de soporte definido como la capacidad de los ecosistemas para brindar espacios donde los organismos realizan sus funciones vitales (alimentación, refugio, reproducción, crecimiento, etc.) y se garantiza la existencia de las especies (De Groot, Wilson y Boumans, 2002). Aparentemente este servicio no tiene un efecto directo en el bienestar humano y en la habitabilidad de las ciudades, sin embargo, indirectamente influye en la generación de todos los demás SE, debido a que la biodiversidad define en gran medida las características y el funcionamiento de los ecosistemas (Costanza et al., 2017).

El CC representa un reto significativo para mantener el hábitat de muchas especies, lo cual puede generar la extinción de hasta un sexto de ellas a nivel mundial (Urban, 2015). En este estudio se analizó la provisión de hábitat para las plantas vasculares. Dichos organismos constituyen una parte esencial de los ecosistemas y determinan en gran medida la existencia de los otros grupos de seres vivos.

El bosque de encino presenta un dosel de semi-abierto a completamente cerrado, lo cual le confiere una gran variabilidad microclimática. Alberga diversas especies arbóreas, sin embargo, existen dos asociaciones vegetales que dominan el paisaje: encino laurelillo (*Quercus laurina*) – encino quiebra hacha (*Q. rugosa*) y, encino quiebra hacha – encino laurelillo. Helechos, arbustos y pastos también tienen una representación diversa en este bosque (Ávila-Akerberg, 2010). El bosque de oyamel presenta alta densidad de árboles y un microclima con humedad elevada. Es un sitio con gran diversidad de helechos, líquenes, hongos y plantas no vasculares. En esta comunidad dominan las asociaciones vegetales de oyamel – musgo de helecho delicado (*Thuidium delicatulum*), oyamel – roldana (*Roldana angulifolia*) y, oyamel – musgo de helecho delicado – pega ropa (*Acaena elongata*) (Ávila-Akerberg, 2010). El bosque de pino se caracteriza por un estrato herbáceo abundante y diverso, pero dominado por pastos y un estrato arbóreo que cubre 10 a 90% de la superficie. Esta comunidad está constituida principalmente por las asociaciones vegetales de pino – pasto alpino (*Festuca tolucensis*) y, pino – pasto paja blanca (*Calamagrostis tolucensis*) (Ávila-Akerberg, 2010).

De acuerdo al análisis de distribución fito-altitudinal de 279 especies de plantas vasculares, se encontró que 78% tienen una distribución restringida a ciertos intervalos altitudinales que cuentan con temperatura y precipitación adecuadas para su desarrollo y reproducción. Por otro lado, 19% tienen una distribución amplia, por lo que se espera que no tengan problemas para adaptarse a los cambios derivados del CC, ya que toleran un extenso gradiente de condiciones. También se encontraron 3% de especies introducidas, que se excluyeron del análisis (Tabla 2). Con esta información se determinó si el cambio de las condiciones ambientales que provocará el CC representa un riesgo para la pérdida de hábitat y, por tanto, para la desaparición de especies en la zona.

Las especies con distribución condicionada por la temperatura, tendrán mayor riesgo de perder su hábitat si están restringidas a la parte más alta de la cuenca. En esta zona se presentarán mayores cambios en el intervalo de temperatura y, al ubicarse en el tope altitudinal, las especies no tendrán la posibilidad de migrar hacia lugares más fríos.

Cuadro 2. Número de especies de plantas vasculares por comunidad vegetal, organizadas por su distribución amplia o restringida, en las microcuencas Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México, México.

Comunidad vegetal	Distribución amplia	Distribución restringida	Especies introducidas
Bosque de pino	5	61	0
Bosque de oyamel	9	51	0
Bosque de encino /mixto	2	40	0
No asociadas a una comunidad específica	38	65	8

Fuente: elaboración propia.

Estas especies tendrán que soportar para 2050 condiciones de temperatura hasta 3º C por encima de las actuales si se considera el escenario A2, o de 2º C si se considera el escenario A1B. Tal es el caso de 45 especies que sólo se distribuyen por arriba de los 3400 msnm, entre ellas destacan pino teocote (*P. teocote*), dalia de montaña (*Dahlia scapigera*), flor de María (*Lobelia gruina* var. *gruina*), trébol de oveja (*Trifolium amabile*), siempreviva (*Sedum praealtum*) y cenicillo amarillo (*Helianthemum glomeratum*).

Las especies cuya distribución está determinada por una elevada humedad, tendrán mayor riesgo de entrar en un estado de estrés si se ubican en la parte media-alta de la cuenca. En esa zona la precipitación media anual actual es de 1300 mm y para el 2050 se reducirá a 1000 mm de acuerdo con ambos escenarios utilizados. En este caso, el intervalo altitudinal que corresponde con las isoyetas de mayor riesgo de pérdida de hábitat es muy amplio, por ende, es muy difícil determinar las especies que se verán afectadas. Sin embargo, la comunidad vegetal que corresponde más ampliamente con esta posición es el bosque de oyamel, a la cual se encuentran restringidas alrededor de 50 especies. Para estas plantas puede generarse una condición de estrés hídrico que las haga más vulnerables a la muerte regresiva[4], y a plagas y enfermedades. Conforme avancen los horizontes temporales (más allá del 2050), podría reducirse aún más el número de especies que se adapten a los cambios.

4 La muerte regresiva es el proceso de mortandad de árboles en cantidades por encima de los normales, debido a los efectos de la sequía y el calor. El primer indicio de muerte en los árboles suele aparecer en la punta de sus copas (Allen, 2009).

Es deseable realizar otras investigaciones que permitan identificar riesgos adicionales derivados de la disminución en la precipitación y aumento de la temperatura, ligados a cambios en los procesos biológicos de las especies (fenología reproductiva, viabilidad de semillas, etc.). Asimismo, es importante analizar cómo la pérdida de especies de plantas vasculares puede afectar a otros grupos de seres vivos en la zona, así como al funcionamiento del bosque.

2.2. Almacenamiento de carbono

El almacenamiento de carbono es un SE de regulación que se define como la capacidad de los ecosistemas para retener carbono en sus tejidos, una vez que lo han asimilado de la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO_2). Este servicio tiene un efecto muy importante en la regulación del clima mundial, ya que ayuda a mantener el balance de carbono (Fahey et al., 2010). Las actividades que realizan los habitantes en la Ciudad de México contribuyen a la modificación climática a escala global, debido a la emisión de gases de efecto invernadero. En el 2020 se liberaron 22 millones de toneladas de CO_2 equivalente a la atmósfera, por ello los sumideros de carbono de locales son de gran importancia para reducir el impacto que la Ciudad de México está generando sobre el CC (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA], 2018).

La máxima capacidad de almacenamiento de carbono de todos los escenarios de CC analizados es superior al escenario base, el cual presenta un volumen total de almacenamiento de 608,929 ton en las microcuencas Magdalena, Eslava y Viborillas (Cuadro 3).

Para ambos escenarios, el almacenamiento de carbono disminuirá en el bosque de oyamel conforme se avanza en los horizontes temporales, debido a la reducción de la superficie de distribución de sus comunidades puras y mezcladas con bosque mixto, pero se espera un aumento de las superficies con bosque de pino y bosque de oyamel con pino. El bosque de encino y mixto aumentarán considerablemente su superficie de distribución potencial respecto al escenario base. Esto permitirá que se contrarreste la reducción del almacenamiento de carbono en la comunidad de bosque de oyamel, ya que los bosques de encino y mixto presentan la tasa más alta de almacenamiento de carbono por unidad de superficie.

Cuadro 3. Comparación de la capacidad de almacenamiento de carbono entre el escenario base y los escenarios A1B y A2 para el 2030 y 2050, en las microcuencas de la Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México, México.

Comunidad vegetal	Escenario base	Escenario A1B		Escenario A2	
		Horizonte 2030	Horizonte 2050	Horizonte 2030	Horizonte 2050
Bosque de pino	87,509	90,818.2	90,820.7	90,817.3	90,818.5
Bosque de oyamel / pino	-	36,949.6	44,606.9	67,778.0	44,174.2
Bosque de oyamel	434,142	301,293.7	296,340.1	295,869.1	296,790.0
Bosque de oyamel / mixto	-	76,291.1	68,681.1	29,592.2	68,926.6
Bosque de encino / mixto	116,532	186,804.3	186,814.7	186,813.2	186,817.4
Plantaciones	8,490	-	-	-	-
Total	608,929	692,156.8	687,263.5	670,869.7	687,526.8

Datos en ton. Fuente: escenario base, modificado de Ávila-Akerberg (2010), escenario de cambio climático, elaboración propia.

El aumento en la capacidad de almacenamiento de carbono en la zona podrá lograrse siempre y cuando no existan afectaciones considerables en la estructura y cobertura de los bosques a causa de factores adicionales al CC, como los incendios severos o el incremento de la mancha urbana. El cuidado de los bosques de encino es una medida que puede contribuir a mitigar el efecto de la reducción del almacenamiento de carbono en las otras comunidades vegetales. Sin embargo, estos bosques están constantemente amenazados por el cambio de uso de suelo, debido a que colindan con la mancha urbana, lo cual pone de manifiesto la importancia de establecer medidas para protegerlos.

2.3. Control de la erosión

El control de la erosión es un servicio de regulación que modera la pérdida de suelo ocasionada por la acción mecánica del agua y el viento (erosión hídrica y eólica, respectivamente) (De Groot et al., 2002). Este servicio es de gran importancia debido a que la erosión se ha acelerado globalmente a causa del cambio de uso de suelo y la degradación de los ecosistemas (García-Ruíz et al., 2015). En las ciudades, el control de la erosión genera un beneficio indirecto al permitir que los ecosistemas funcionen adecuadamente, ya que en el suelo ocurren la mayor parte de los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas, y es el soporte y la fuente de suministro de nutrientes para la vegetación y los

cultivos. También genera un beneficio directo, ya que la erosión eólica afecta la calidad del aire. Mientras que la erosión hídrica interviene en la formación de sedimentos que afectan la calidad del agua en los ríos y, en casos graves, el arrastre masivo o continuo de materiales hacia la parte baja de las cuencas puede afectar la infraestructura urbana (Bilotta, Grove y Mudd, 2012; Kondolf et al., 2014).

En este estudio se analizó el control de la erosión hídrica potencial y real[5] en las microcuencas de estudio. La erosión hídrica potencial es aquella que ocurriría si no existiera la protección de la vegetación. Entre más alta es ésta, más importante será el papel regulador de los ecosistemas. En el escenario base existe el potencial de perder hasta 2,034.7 ton/ha/año (Cuadro 4). La presencia de pendientes pronunciadas y suelos con alta erodabilidad provocan que 94% de la superficie tenga una erosión potencial fuerte a extrema (Cuadro 5). Conforme se avanza en los horizontes temporales de ambos escenarios la erosión potencial media anual se reduce entre 24 y 35% (Cuadro 4). Mientras que la superficie con erosión hídrica potencial fuerte y extrema muestra una reducción de hasta 3 % (Cuadro 5). Esta condición obedece a una disminución en la capacidad erosiva de la lluvia. Sin embargo, no se consideró el efecto de eventos de precipitación extremos, los cuales podrían aumentar en frecuencia e intensidad con el CC y acelerar la pérdida de suelo.

Cuadro 4. Comparación de la estimación del volumen medio anual de la pérdida de suelo por erosión hídrica potencial y real, entre el escenario base y los escenarios A1B y A2 para el 2030 y 2050, en las microcuencas de la Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México, México.

Tipo de erosión	Escenario base	Escenario A1B		Escenario A2	
		2030	2050	2030	2050
Potencial	2,034.7	1,378.3	1,346.0	1,543.9	1,333.2
Real	50.0	25.8	25.5	29.7	25.4

Datos en Ton/ha/año. Fuente: elaboración propia.

5 En este documento se nombra erosión real a la pérdida de suelo que ocurre bajo el efecto protector de la cobertura vegetal. Generalmente suele nombrarse como erosión actual, se evitó este término para no generar confusión cuando la estimación corresponde a escenarios de CC.

Cuadro 5. Comparación de las superficies afectadas por erosión hídrica potencial y real entre el escenario base y los escenarios A1B y A2 para el 2030 y 2050 en las microcuencas de la Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México.

Tipo y grado de erosión	Escenario base	Escenario A1B		Escenario A2	
		2030	2050	2030	2050
Erosión potencial					
Ligera (<10 ton/ha/año)	20.8	39.6	42.5	31.8	44.0
Moderada (10-50 ton/ha/año)	394.2	569.6	578.1	499.8	586.8
Fuerte (50-200 ton/ha/año)	845.5	1,016.5	1,039.5	963.9	1,040.7
Extrema (>200 ton/ha/año)	6,437.7	6,072.4	6,038.1	6,202.7	6,026.8
Erosión real					
Ligera (<10 ton/ha/año)	4,607.3	5,963.5	6,001.4	5,639.9	6,025.0
Moderada (10-50 ton/ha/año)	2,573.2	1,646.8	1,612.4	1,944.1	1,590.0
Fuerte (50-200 ton/ha/año)	376.6	64.7	61.3	90.2	60.1
Extrema (>200 ton/ha/año)	141.1	23.2	23.2	23.9	23.2

Datos en ha. Fuente: elaboración propia.

A pesar de que las microcuencas de estudio presentan alta susceptibilidad a la erosión hídrica, los ecosistemas presentes en ellas regulan muy eficientemente la pérdida de suelo. La erosión hídrica real en el escenario base es muy baja (50 ton/ha/año en promedio), gracias a que 93 % del área de estudio presenta una erosión real ligera a moderada. Si se logra mantener una buena cobertura vegetal, conforme se avance en los horizontes temporales de ambos escenarios, la erosión real media anual podría reducirse entre 41 y 49% (Cuadro 4). No obstante, la superficie con erosión real fuerte a extrema tenderá a incrementarse alrededor de 6 % (Cuadro 5), debido al aumento de comunidades vegetales con una menor capacidad para proteger el suelo, como son los bosques de pino.

Para enfrentar los efectos que el CC tendrá sobre este SE, es imprescindible un adecuado manejo de los bosques, que incluya medidas específicas como la migración asistida (ver el apartado “Estrategias de adaptación y mitigación para conservar los bosques y sus servicios ecosistémicos”). Aunque existe la posibilidad de reducir en el futuro los volúmenes de pérdida de suelo por debajo de los actuales, la pérdida de la cobertura vegetal y la disminución de la densidad arbórea podrían tener efectos negativos, ya que las pendientes pronunciadas características de la zona favorecerán la erosión hídrica si las laderas se quedan desprotegidas de vegetación.

2.4. Provisión de agua

El SE de provisión de agua se produce gracias a los procesos del ciclo hidrológico que regulan el flujo de agua entre los medios físico y biológico dentro de los ecosistemas (MEA, 2003). El volumen aprovechable de agua dependerá del balance entre las entradas de agua, como la precipitación, nieve y deposición de niebla, y las salidas de ésta por evapotranspiración y escurrimiento (van Noordwijk et al., 2018). En este estudio la capacidad para generar el servicio de provisión de agua se evaluó como el volumen de infiltración neta media anual. El cual corresponde con el volumen de agua que entra al suelo por infiltración y no es aprovechado por las plantas para el proceso de transpiración. Esta agua puede escurrir de manera subsuperficial o subterránea para abastecer a los manantiales, ríos o acuíferos que son aprovechados para el abastecimiento humano (INE, 2002).

Las microcuencas estudiadas tienen un importante papel en la provisión del servicio ecosistémico de provisión de agua a nivel local. Algunos manantiales son entubados desde su nacimiento para la distribución de agua. Asimismo, el cauce del río Magdalena es aprovechado mediante dos plantas potabilizadoras para el mismo fin (González-Martínez, 2008; Jujnovsky, González-Martínez, Cantoral-Uriza y Almeida-Leñero, 2012).

En dichas microcuencas, el escenario base presentó una precipitación media anual de 1013 mm. De esta entrada de agua 47% se evapotranspiró, 14% escurrió de manera superficial y 39% se transformó en infiltración neta (Cuadro 6).

Los balances hídricos calculados para los distintos escenarios de CC muestran fuertes diferencias respecto al escenario base (Cuadro 6). La precipitación presenta una reducción conforme se avanza en los horizontes temporales 2030 y 2050 de ambos escenarios (A1B y A2). Esto tendrá una fuerte influencia en el resto de los componentes del ciclo hidrológico local. El escenario con una diferencia más significativa con respecto al escenario base es el A2 para el 2050, en el cual se reduce la precipitación acumulada en 163.5 mm anuales y la evapotranspiración manifiesta un incremento de 37.7 mm anuales.

Cuadro 6. Comparación del balance hídrico entre el escenario base y los escenarios A1B y A2 para los años 2030 y 2050 en las microcuencas de la Magdalena, Eslava y Viborillas, Ciudad de México, México.

Escenario	Horizonte	*P*	*Ev*	*Esc*	Inf_n
Base	-	1,013.0	479.3	140.1	393.6
A1B	2030	868.0	491.8	82.1	294.1
A1B	2050	855.3	503.2	79.8	272.3
A2	2030	935.1	514.6	94.7	325.8
A2	2050	849.5	517.0	78.8	253.7

Datos en mm anuales. *P*: precipitación acumulada; *Ev*: evapotranspiración; *Esc*: escurrimiento superficial; Inf_n: infiltración neta. Fuente: elaboración propia.

La reducción en las precipitaciones y el aumento en la evapotranspiración traerán como consecuencia que tanto el escurrimiento superficial, como la infiltración neta, tengan una reducción. En el caso del escurrimiento superficial las diferencias con respecto al escenario base serán de hasta 62.3 mm (para el escenario A2 en 2050). La infiltración neta presentará una reducción de hasta 140 mm respecto al escenario base (para el escenario A2 en 2050). Esto equivale a una disminución en la capacidad de generar el servicio ecosistémico de provisión de agua de aproximadamente 10.77 Mm^3 anuales, lo cual tendrá un efecto negativo para los habitante de la Ciudad de México que actualmente se abastecen de esta zona. El agua es un recurso indispensable para asegurar la habitabilidad de las ciudades, especialmente si existen condiciones de sobreexplotación de los recursos hídricos que condicionan su disponibilidad. Por lo tanto, es necesario cuidar los bosques que regulan el flujo del agua y favorecen su permanencia a lo largo del año.

3. Estrategias de adaptación y mitigación para conservar los bosques y sus servicios ecosistémicos

La mayoría de las características, funciones y procesos que permiten la generación de SE son irremplazables, y pocas veces pueden ser sustituidos parcialmente por soluciones tecnológicas (IPBES, 2019). Por ello, es necesario definir integralmente estrategias de adaptación y mitigación que permitan conservar los bosques y sus SE bajo las condiciones que traerá el CC. Para abordar la complejidad y poder resolver los problemas ambientales actuales y futuros, se propone un enfoque transdisciplinario, socioecosistémico con soluciones basadas principalmente en la naturaleza, que promueva el manejo participativo y adaptativo en la zona. A continuación se exponen las principales líneas de acción para desarrollar durante las próximas décadas:

1. Generar una estrategia socioecosistémica integral de contingencia ante el CC para el

mantenimiento de las comunidades vegetales, que tome en cuenta eventos de riesgo, la pérdida de biodiversidad (a nivel genético, específico, comunidades), el control de especies invasoras, incidencia de plagas y ocurrencia de incendios, con acciones a corto, mediano y largo plazo.

2. Consolidar la organización y compromiso entre actores sociales, instituciones y academia, para instrumentar acciones de adaptación y mitigación al CC, utilizando el enfoque de bosques comunitarios.

3. Monitorear de manera permanente y participativa, principalmente los ecotonos de los pisos altitudinales, para detectar tempranamente cambios en la distribución, composición, estructura y estado de salud de los bosques, que pongan en riesgo su funcionalidad.

4. Restaurar la composición y la estructura de la vegetación en zonas deterioradas y en sitios con gran cantidad de combustible (árboles muertos), para favorecer la adaptación al CC con comunidades biodiversas, resistentes y resilientes, donde se permita la conectividad.

5. Realizar actividades silvícolas para mantener bosques resilientes, con equilibrio entre la disponibilidad y la demanda de recursos de las comunidades vegetales, que reduzcan el estrés ambiental y que generen sumideros de carbono y reservas de biodiversidad.

6. Proponer prácticas de regeneración natural asistida de las especies forestales dominantes y esquemas de manejo del sotobosque para cuidar el renuevo.

7. Implementar a través de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales, conjuntamente con los dueños de los territorios, esquemas formales de retribución por servicios ecosistémicos, ecoturismo y certificación forestal, que generen beneficios directos a los que proveen dichos servicios, respetando sus derechos de gestión sobre los mismos.

8. Regular y controlar el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, pecuario o urbano.

9. Diseñar, capacitar y ejecutar programas permanentes de cultura ambiental a diferentes niveles educativos locales, así como a las personas encargadas del manejo de los recursos forestales e hídricos, priorizando su cuidado y aprovechamiento sustentable.

10. Revisar, modificar, alinear y fortalecer la legislación, las instituciones y los mecanismos de gestión del Suelo de Conservación en la Ciudad de México.

4. Conclusiones

Enfrentar los impactos que el CC generará en los bosques periurbanos de las grandes ciudades será un requisito fundamental para mantener la generación de SE, ya que sin ellos la habitabilidad de las ciudades se verá comprometida. Los bosques de la Ciudad de México van a presentar cambios

en la distribución potencial de las diferentes especies arbóreas, así como modificaciones en la estructura, composición y funcionamiento. El ecosistema más afectado será la comunidad del bosque de oyamel, debido a su mayor susceptibilidad a la reducción en la precipitación y el aumento de la temperatura.

En las microcuencas Magdalena, Eslava y Viborillas se reducirá la capacidad de generar los SE provisión de hábitat y provisión de agua, pero se puede conseguir un aumento en el almacenamiento de carbono. En el caso del control de la erosión, la reducción en la capacidad erosiva de la lluvia disminuirá la pérdida de suelo, sin embargo, esta condición puede ser modificada ampliamente por la presencia de eventos de lluvia extremos que no están considerados en las proyecciones de cambio climático. Estos cambios en la generación de SE, se analizaron considerando un manejo del bosque que permita mantener una cobertura adecuada y cambios parciales en la composición y estructura de las comunidades vegetales. Sin embargo, existe un alto riesgo de que se reduzca la capacidad de generación de SE si no se toman las medidas adecuadas, lo cual disminuiría los beneficios que los bosques periurbanos otorgan a los habitantes de la Ciudad de México. Por ello es fundamental establecer estrategias transdisciplinarias y socioecosistémicas de adaptación y mitigación, con una aproximación territorial a nivel de microcuencas, que permitan manejar y conservar los bosques y mantener los cuerpos de agua del área, en donde un punto crucial es la participación activa de parte de los actores locales.

Agradecimientos

Esta investigación recibió financiamiento de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (Sectei)-Facultad de Ciencias-UNAM (Convenio 933919), del Programa de Investigación en Cambio Climático 2012 (PINCC)-Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM (ICYTDF/269/2011) y de la Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (ICYT/253/2010). Se agradece la participación de todos los miembros del equipo de investigación que contribuyeron a generar información para este documento, especialmente a la Dra. María Engracia Hernández Cerda, Biol. Jairzinho López Zamora y Biol. Inti Burgos Hidalgo.

Referencias

Alexander, J. M., Chalmandrier, L., Lenoir, J., Burgess, T. I., Essl, F., Haider, S.,…Pellissier, L. (2017). Lags in the response of mountain plant communities to climate change. *Global Change Biology, 24* (2), 563-79. doi: 10.1111/gcb.13976

Allen, C. D. (2009). Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? *Unasylva*, *60*(231/232), 43-49. Recuperado de http://www.fao.org/3/i0670s/i0670s10.pdf

Almeida-Leñero, L. (2012). Gestión Ambiental de la cuenca del río Magdalena: importancia de sus servicios ecosistémicos. En E. Pérez-Campuzano, M. Perevochtchikova, y V. S. Ávila-Foucat. (Coords.), *Hacia un manejo sustentable del Suelo de Conservación del Distrito Federal* (pp. 133-47). Ciudad de México, México: Instituto Politécnico Nacional y Porrúa.

Almeida-Leñero, L., Ávila-Akerberg, V. D., González-Martínez, T. M., Nava-López, M. Z., Hernández-Sánchez, A. P., y Cantoral-Uriza, E. A. (2013a). *Calidad forestal en la vertiente oriental de la Sierra de las Cruces, escenario base para el combate al cambio climático* (Informe técnico ICYT/253/2010). Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias-UNAM y Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación-GDF.

Almeida-Leñero, L., Hernández-Cerda, M. E., Ávila-Akerberg, V., Caro-Borrero, A. P., Ramos-Ramos E. A., González-Martínez, T. M.,…López-Zamora, J. (2013b). *Evaluación del impacto del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos de provisión de agua y regulación de flujos en una microcuenca prioritaria para el Distrito Federal: propuestas de acción* (Informe técnico). Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias-UNAM, Instituto de Geografía-UNAM y Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México.

Almeida-Leñero, L., Pisanty-Baruch, I. y González-Martínez, T. M. (Comps.). (2016). Servicios ecosistémicos. En CONABIO y SEDEMA, *La biodiversidad en la Ciudad de México Volumen III* (pp. 16-258). Ciudad de México, México: CONABIO y SEDEMA.

Ávila-Akergerg, V. (2010). *Forests quality in the southwest of Mexico City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services.* (Tesis doctoral). Faculty of Forest and Environmental Sciences-Albert Ludwigs Universität, Freiburg im Breisgau, Alemania.

Behzadi, F., Wasti, A., Haque Rahat, H., Tracy, J. N., & Ray, P. A. (2020). Analysis of the climate change signal in Mexico City given disagreeing data sources and scattered projections. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *27*(100662), 1-17. doi: 10.1016/j.ejrh.2019.100662

Bilotta, G. S., Grove, M., & Mudd, S. M. (2012). Assessing the significance of soil erosion. *Transactions of the Institute of British Geographers, 3*(37), 342-45. doi: 10.2307/41678635

Borelli, S., Conigliaro, M., y Pineda, F. (2018). Los bosques urbanos en el contexto global. *Unasylva, 69* (250), 3-10. Recuperado de http://www.fao.org/3/i8707es/I8707ES.pdf

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. (2007). *Modelos globales de circulación y escenarios de cambio climático. 4to Reporte de evaluación del IPCC sobre el cambio climático 2007.* Ciudad de México, México: CCA-UNAM. Recuperado de http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml/index.html#ModelosGlobales4ta

Costanza, R., De Groot, R. S., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P.,… Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services, 28*, 1-16. doi: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008

De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economic, 41*(3), 393-408. doi: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7

Dobler-Morales, C. E. (2010). *Caracterización del clima y su relación con la distribución de la vegetación en el suroeste del D.F., México* (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. Recuperado de http://132.248.9.195/ptd2010/febrero/0653961/Index.html

Fahey, T. J., Woodbury, P. B., Battles, J. J., Goodale, C. L., Hamburg, S. P., Ollinger, S. V., & Woodall, C. W. (2010). Forest carbon storage: ecology, management, and policy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *8*(5), 245-252. doi: 10.1890/080169

García-Ruíz, J. M., Beguería, S., Nadal-Romero, E., González-Hidalgo, J. C., Lana-Renault, N., & Sanjuán, Y. (2015). A meta-analysis of soil erosion rates across the world. *Geomorphology, 239,* 160-73. doi: 10.1016/j.geomorph.2015.03.008

González-Martínez, T. (2008). *Modelación hidrológica como base para el pago por servicios ambientales en la microcuenca del río Magdalena, Distrito Federal* (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. Recuperado de http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/942

Hartmann, H., Moura, C. F., Anderegg, W. R. L., Ruehr, N. K., Salmon, Y., Allen, C. D.,…O'Brien, M. (2018). Research frontiers for improving our understanding of drought-induced tree and forest mortality. *New Phytologist, 218*(1), 15-28. doi: 10.1111/nph.15048

Hernández-Sánchez, A. P. (2012). *Distribución y nivel de infestación de Arceuthobium vaginatum subsp. vaginatum y Arceuthobium globosum subsp. grandicaule en el bosque de Pinus hartwegii de la cuenca del río Magdalena, México, D. F.* (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. Recuperado de http://132.248.9.195/ptd2013/octubre/0702064/Index.html

Instituto Nacional de Ecología. (2002). *Potencial de recarga de acuíferos y estabilización de ciclos hídricos en áreas forestadas*. Ciudad de México, México: INE y Planeación, Desarrollo y Recuperación Ambiental, S.C.

Instituto Nacional de Ecología. (2007). *Modelo ECHAM5 escenarios A1B y A2*. Ciudad de México, México: INE. Recuperado de http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2007o_escenarios.zip

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Población total por entidad federativa, Ciudad de México. Censo de Población y Vivienda 2020.* Aguascalientes, México: INEGI. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Poblacion_Poblacion_01_e60cd8cf-927f-4b94-823e-972457a12d4b

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. Recuperado de https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). *El informe de la evaluación mundial sobre la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas*. Bonn, Alemania: IPBES secretariat. Recuperado de https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_es.pdf

Jansson, A. (2013). Reaching for a sustainable, resilient urban future using the lens of ecosystem services. *Ecological Economics, 86*, 285-291. doi: 10.1016/j.ecolecon.2012.06.013

Jujnovsky, J., González-Martínez, T. M., Cantoral-Uriza, E. A., & Almeida-Leñero, L. (2012). Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City. *Environmental Management, 37*(1), 609-702. doi: 10.1007/s00267-011-9804-3

Keenan, R. J. (2015). Climate change impacts and adaptation in forest management: a review. *Annals of Forest Science, 72* (2), 145-167. doi: 10.1007/s13595-014-0446-5

Kondolf, G. M., Gao, Y., Annandale, G. W., Morris, G. L., Jiang, E., Zhang, J.,…Yang, C. T. (2014). Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents. *Earth's Future, 2,* 256–280. doi: 10.1002/2013EF000184.

Lang, R. (1920). *Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde*. Stuttgart, Alemania: Schweizerbart Science Publishers.

Millenium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystems and human well-being*. A Framework for Assessment. Washington D.C., EU.: Island Press. Recuperado de https://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf

Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being*. Washington D.C., EU.: Island Press. Recuperado de https://www.millenniumassessment.org/documents/document.429.aspx.pdf

Nava, L. M. (2006). *Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena, D. F.* (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. Recuperado de https://www.claraboya.com.mx/storage/app/media/docpub/magdalena/tesis/TesisNavaLopez2006.pdf

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *OCDE Territorial Reviews: Valle de México, México*. París, Francia: OECD Publishing. Recuperado de https://www.oecd.org/mexico/oecd-territorial-reviews-valle-de-mexico-mexico-9789264245174-en.htm

Pauls, S. U., Nowak, C., Bálint, M., & Pfenninger, M. (2013). The impact of global climate change on genetic diversity within populations and species. *Molecular Ecology, 22*, 925-946. doi: 10.1111/mec.12152

Reygadas, P. D. (2016). Delimitación del área de estudio y regionalización. En CONABIO y SEDEMA, *La biodiversidad en la Ciudad de México Volumen I* (pp. 30-35). Ciudad de México, México: CONABIO y SEDEMA.

Roeckner, E., Bäuml, G., Bonaventura, D., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M.,…Tompkins, A. (2003). *The atmospheric general circulation model ECHAM5, Part I.* Hamburg, Germany: Max-Planck-Institut für Meteorologie. Recuperado de https://mpimet.mpg.de/fileadmin/models/echam/mpi_report_349.pdf

Sáenz-Romero, C., Lindig-Cisneros, R. A., Joyce; D. G., Beaulieu, J., St. Clair, J. B., & Jaquish, B. C. (2016). Assisted migration of forest populations for adapting trees to climate change. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 22*(3), 303-323. doi: 10.5154/r.rchscfa.2014.10.052

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2018). *Inventario de Emisiones de la Ciudad de México 2016*. Ciudad de México, México: SEDEMA. Recuperado de http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-2016/mobile/inventario-emisiones-2016.pdf Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi,

Sosa-Rodríguez, F. S. (2019). Limitando el calentamiento global a 1.5ºC y sus beneficios en la disponibilidad del agua: la necesidad de una reflexión a nivel local. En J. C. Rueda. (Ed.), ¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y *Visiones sobre el Reporte Especial del IPCC* (pp. 225-245). Ciudad de México, México: Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

Soto, M. G y Herrera, P. M. (2019). *Cambio climático y agua en ciudades: impactos en la Ciudad de México. Aspectos científicos y políticas públicas*. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/Cambio-climatico-y-agua-en-ciudades.pdf

Svenning, J. C. & Sandel, B. (2013). Disequilibrium vegetation dynamics under future climate change. *American Journal of Botany, 100*(7), 1266-1286. doi: 10.3732/ajb.1200469

Thom, D. & Seidl, R. (2016). Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews,* 91, 760-781. doi: 10.1111/brv.12193

Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science, 348*(6234), 571-573. doi: 10.1126/science.aaa4984

Van Noordwijk, M., Creed, I. F., Jones, J. A., Wei, X., Gush, M., Blanco, J. A.,…Chloe, O. (2018). Climate-forest-water-people relations: Seven system delineations. En I. F. Creed & M. van Noordwijk. (Eds.), *Forest and Water on a Changing Planet: Vulnerability, Adaptation and Governance Opportunities: A Global Assessment Report* (pp. 27-58). Viena, Austria: IUFRO. Recuperado de https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/56986

CAPITULO 9

EVAPOTRANSPIRACIÓN Y LAS NECESIDADES HÍDRICAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

García R.[1], López Carrasco M.[1] y Sosa E.[2]

[1] Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D.F., 04510 México. gmrocio@atmosfera.unam.mx y moises_carrasco26@yahoo.com

[2] Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Cerro de las Campanas s/n C.P. 76010, Cto Universitario, Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro.R. egs@uaq.mx

Resumen

La evapotranspiración es un importante parámetro para diferentes campos científicos, su medida es necesaria para la adecuada gestión de los recursos hídricos y la caracterización de los diferentes ambientes climáticos. Dada la complejidad de este fenómeno, se han elaborado numerosos métodos que permiten su estimación y que alcanzan una mayor o menor precisión y fiabilidad. La estimación de la evapotranspiración es importante en el uso del agua con aplicaciones agrícolas, ecológicas y otras actividades de planeación. Para ello se incorporan diferentes modelos que conjuntamente con las simulaciones de los escenarios climáticos permiten determinar el incremento de la temperatura promedio de nuestro planeta y sus efectos potenciales ante el calentamiento global, siendo necesario precisar con mayor detalle el papel que juega la evapotranspiración en el ciclo hidrológico. Por otro lado, la urbanización incuestionablemente afecta la hidrología en una ciudad o cuenca urbana a escala regional y local, las mayores afectaciones en la hidrología se relacionan con los cambios en el uso de suelo, los patrones de precipitación, el análisis a escala espacio temporal en la dinámica de la precipitación. Por lo anterior, este capítulo pretende analizar el fenómeno de evapotranspiración como elemento importante sobre las necesidades hídricas frente al Cambio Climático.

Palabras clave: evapotranspiración, balance hídrico, evapotranspiración potencial, precipitación.

Abstract

Evapotranspiration is an important parameter for different scientific fields, its measurement is necessary for the adequate management of water resources and the characterization of different climatic environments. Given the complexity of this phenomenon, numerous methods have been developed that allow its estimation and that achieve greater or lesser precision and reliability. Estimation of evapotranspiration is important in the use of water for agricultural, ecological and other planning activities. For this, different models are incorporated that together with the simulations of the climate scenarios allow determining the increase in the average temperature of our planet and its potential effects on global warming, being necessary to specify in greater detail the role that evapotranspiration plays in the cycle hydrological. On the other hand, urbanization unquestionably affects hydrology in a city or urban basin on a regional and local scale, so the greatest effects on hydrology are related to changes in land use and rainfall patterns, hence the Importance of analyzing, on the spatial-temporal scale, the dynamics of precipitation. Therefore, this chapter aims to analyze the phenomenon of evapotranspiration as an important element on water needs in the Climate Change.

Keywords: evapotranspiration, water balance, potential evapotranspiration, precipitation.

Introducción

Por el interés que tiene la participación de la comunidad científica ante el estudio y observación en el incremento de la temperatura promedio de nuestro planeta y sus efectos potenciales ante el calentamiento global, es necesario precisar con detalle el papel que juega la evapotranspiración en el ciclo hidrológico, siendo el agua y el suelo, los recursos naturales más importantes para el desarrollo agrícola, la producción de alimentos y la base del desarrollo económico global, evidentemente, las transformaciones en la cobertura terrestre por actividades como la deforestación, la urbanización y las prácticas agrícolas, principalmente, deben ser incluidas dentro de los procesos climáticos en diferentes escalas (Weng, 2001). En este sentido, el estudio del régimen hídrico, la dinámica del agua en el suelo y la evapotranspiración son fundamentales para la adecuada gestión de los recursos hídricos (Kousari & Ahani, 2012), que va desde cuánta agua entra y sale en un cuenca, pasando por la topografía, tipo de suelo y las condiciones de precipitación para diagnosticar el futuro del balance hídrico de una cuenca frente a déficit de lluvias (Comber, 2008).

La creciente presión ejercida sobre los recursos hídricos por el aumento en la demanda y la disminución en la oferta de agua, permite visualizar una profunda crisis en la disponibilidad de agua a escala global (Jensen, 1990; Biswas, 2004).

Tomando en cuenta que la mayoría de estudios se han centrado en evaluar la disponibilidad de agua en régimen natural, en este trabajo se incorpora el efecto de la evapotranspiración al momento de calcular el recurso disponible bajo escenarios de cambio climático. El crecimiento poblacional y los niveles promedio de consumo de agua, ha generado un vertiginoso incremento de la demanda global de todo tipo de recursos, y a la vez ha contribuido a modificar casi completamente la superficie continental del planeta. Esta expansión del consumo ha sido consecuencia del ritmo explosivo del desarrollo tecnológico, haciendo que por primera vez el género humano produjera impactos globales sobre el planeta. Los efectos de las actividades humanas sobre la cantidad y calidad de los recursos hídricos se observa en una amplia gama de escalas espaciales (subregional y regional) y temporales (corto plazo y largo plazo).

Como se ha descrito anteriormente la evapotranspiración es un importante parámetro para diferentes campos científicos y su medida es necesaria para la adecuada gestión de los recursos hídricos y la caracterización de los diferentes ambientes climáticos. Dada la complejidad de este fenómeno, se han elaborado numerosos métodos que permiten su estimación y fiabilidad. Actualmente es posible describir el proceso de evapotranspiración si se conoce como son las interacciones entre el suelo-planta-agua-atmósfera, tanto física como matemáticamente, desarrollo Modelos Climáticos

Globales (MCG) que permitan describir y entender estas interacciones en distintos ecosistemas, a estos modelos se les denomina Modelos SVAT (por sus siglas en ingles, Soil Vegetation Atmosphere Transfer). Los modelos integran las interacciones éntrelos diferentes estratos de vegetación (arbóreos, arbustivos y herbáceos) mostrando una eficiente conexión entre el suelo-planta-aguay atmósfera (Wattenbach et al., 2005).

No obstante, aún existe incertidumbre en el uso y resultados de algunos de estos modelos, esta incertidumbre en gran parte esta asociada a deficiencias en las parametrizaciones de algunos procesos físicos determinantes en el clima, como por ejemplo; la precipitación, la circulación atmosférica, la dinámica (suelo, agua y atmósfera), los intercambios biogeoquímicos en el sistema climático, entre otros.

1. Evapotranspiración

Para adentrarnos al tema es importante describir que es la Evapotranspiración. Si bien entonces la evapotranspiración (ET) es un componente importante del ciclo hidrológico y del balance de energía en la superficie terrestre difícil de cuantificar por la cantidad de factores involucrados en su estimación, incluyendo a la biofísica de las plantas, las propiedades del suelo, los factores meteorológicos y la topografía, su estimación es determinante para la planeación en la reserva de recursos hídricos y, en particular, para el uso eficiente del agua, Sin embargo su estudio y medición es crucial para desarrollar programas de riego espacial y temporal que ayuden a mantener un sincronismo entre los datos de coberturas terrestres y las variables climáticas, lo que finalmente permite simular escenarios de cambio climático, basados un mejor entendimiento de las interacciones entre la superficie terrestre y la atmósfera (Henríquez y Miner, 2014).

Los cambios a largo plazo en las tasas de ET pueden estar condicionadas por cambios en la humedad del aire, por el cambio de uso de suelo en las grandes urbes y la disminución de la humedad derivada de la pérdida de cubierta vegetal dentro de bosques y áreas de reserva que influye en el crecimiento de árboles y comunidades de plantas.

La ET es el flujo de agua retornando desde la tierra hacia la atmósfera por procesos de evaporación de los cuerpos de agua, la superficie del suelo y transpiración de las plantas (Wang & Dickinson, 2012), siendo un fenómeno complejo que controla el intercambio de masa y energía en el sistema atmosférico global, por lo que se considera útil el monitoreo del balance de energía y transferencia de humedad del suelo a la atmósfera (Chen, Liu & Thomas 2006; Kousari & Ahani,

2012). Algunos de los factores que afectan el aumento o la disminución de la evapotranspiración son: el crecimiento de la planta, el porcentaje de cobertura del suelo, la radiación solar, la humedad, la temperatura y el viento (Trenberth, Smith, Qian, Dai, & Fasullo, 2007).

Anualmente dos tercios de la precipitación regresan a la atmósfera en forma de ET, siendo la lluvia un factor importante que regula el crecimiento de la vegetación y ésta, a su vez, es un elemento que determina la composición de la lluvia neta que llega a la superficie terrestre; por lo tanto, la diferencia entre los escurrimientos superficiales y la precipitación está sujeta a la capacidad de intercepción de la vegetación y las pérdidas por evaporación de la lluvia interceptada o retenida. Los dos conceptos relacionados con la ET son la evapotranspiración real o de referencia (ET0), y la evapotranspiración potencial (ETP). La ET0 está definida como la cantidad de agua perdida por el complejo suelo-planta en las condiciones meteorológicas, edáficas y biológicas existentes. Corresponde a la cantidad de agua que realmente se elimina por evaporación y transpiración en ciertas condiciones de referencia como lo establece n la ecuación de base física de Penman-Monteith FAO (Penman, 1948).

El estudio y definición de estos conceptos son diferentes, ambos indican cantidades máximas de agua perdida en favor de la atmósfera; por ello, en algunos estudios, han sido considerados como equivalentes (Henríquez y Miner, 2014). ETP es una medida de la capacidad de la atmósfera para remover el agua a través de la evaporación y la transpiración, suponiendo que no se controle el suministro de agua. La estimación precisa de la ET real es importante para asegurar el uso del agua, el manejo de recursos hídricos y otras actividades de planeación (Suleiman & Hoogenboom, 2009). La "ETP teóricamente es la máxima cantidad de agua capaz de ser removida desde una capa continua de vegetación que cubre todo el terreno, cuando la cantidad de agua suministrada al suelo es ilimitada" (Ortíz, 2011, p 94). Así, para una región dada, la evapotranspiración actual y la escorrentía se rigen principalmente por la evapotranspiración potencial y la precipitación. Si la ETP es muy baja, luego para una cantidad dada de precipitación, es probable que la escorrentía exceda la evaporación. De igual manera, la escorrentía puede ser una fracción muy pequeña de la precipitación si la evaporación es muy alta. La ETP se acerca a la precipitación, en regiones donde la energía disponible excede la cantidad requerida para evaporar la precipitación anual. Inversamente en regiones donde la energía disponible es una fracción de la necesaria para evaporar toda la precipitación anual, la evapotranspiración anual se acerca a la ETP.

Por otra parte, se prevé que el ciclo hidrológico a escala global se intensificará, modificando los contenidos de agua en el suelo, la infiltración, la recarga de los acuíferos y los caudales de los ríos. "Estudios a escala mundial han empleado diversas proyecciones climáticas para evaluar los impactos

del cambio climático sobre los recursos hídricos. Así por ejemplo, utilizan 22 proyecciones climáticas derivadas de 11 MCG y 2 escenarios de emisiones, utilizando 6 proyecciones" (González, 2012, p 19-20). Al trabajar con un conjunto de proyecciones se obtiene un amplio rango de resultados, con lo cual se puede cubrir el amplio abanico de incertidumbres asociadas a las proyecciones climáticas. En general las proyecciones climáticas muestran que los efectos del cambio climático a nivel global implicarían tanto reducciones como incrementos en la temperatura y la precipitación. Sin embargo, el cambio de la precipitación variaría considerablemente de una a otra estación y de una a otra región, debido a los cambios de la circulación en gran escala y de la carga de vapor de agua. Estos efectos se verán más acentuados en áreas con complejidad geográfica y, topográfica (Rodríguez y Llasat, 1997).

Las nubes modifican la temperatura de la atmósfera y del océano, absorbiendo la radiación de onda larga de la superficie y reflejando la radiación entrante de onda corta. Los cambios en la temperatura o circulación de los patrones oceánicos y atmosféricos cambian la cantidad y tipo de las nubes actuando a su vez sobre la precipitación.Por lo tanto, la cantidad contenida en la atmósfera como vapor de agua varía en horas y días como resultado del clima predominante en cualquier lugar del mundo. Como un ejemplo, la Fig. 1 muestra la distribución del vapor de agua atmosférico de junio a noviembre 2005, esta imagen muestra que la mayor parte del vapor se acumula en las latitudes tropicales, particularmente en el sur de Asia. Las principales diferencias entre los comportamientos de la atmósfera y del océano son las que provienen de la mayor densidad y viscosidad del agua oceánica y del rozamiento que afecta al océano en su movimiento. La atmósfera solo sufre rozamiento con la superficie terrestre mientras que la circulación oceánica tiene distintos forzamientos (Marshall & Plumb, 2008).

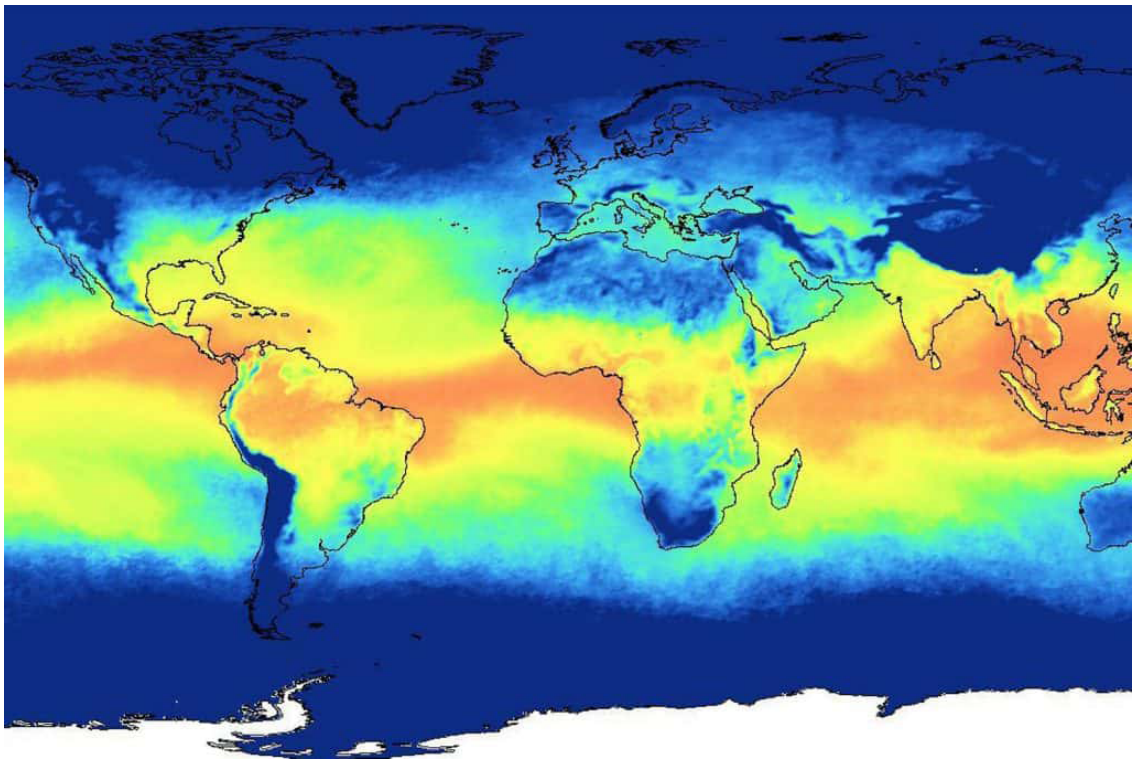


Figura 1. Circuito de retroalimentación positiva' en la atmósfera, circulación atmosférica (amarillo) y patrones de temperatura superficial ºC (anaranjado). Fuente: Onsala Space Observatory, Swedish National Infrastructure for Radio Astronomy. (http://www.oso.chalmers.se/%7Eloading/tidemodels.html).

2. Precipitación

Por otra parte, la evaluación de la estacionalidad o de los cambios en las series temporales de precipitación resultan desafiantes entre otras cosas por la longitud de las series, la calidad de los datos, el cambio de las redes de monitoreo y, en muchas situaciones, la falta de metadatos. La disponibilidad de datos de precipitación con diferentes resoluciones temporales y espaciales de fuentes basadas en radares y satélites mejorará nuestra comprensión de los extremos de precipitación y también ayudará en la evaluación y estimación de la ET. Cerca del 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de nubes, las cuales son un factor importante en la regulación del ciclo hidrológico (Trenberth, Fasullo & Kiehl, 2009).

Las nubes mixtas son las responsables de generar la mayoría de la precipitación sobre los continentes, principalmente debido a la presencia de cristales de hielo dentro de éstas (Räisänen, Barker, Khairoutdinov, Li, & Randall, 2004; Mülmenstädt, Sourdeval, Delanoe, & Quaas 2015). Como un ejemplo; en las últimas décadas se han observado cambios en los patrones de precipitación en el territorio mexicano que puede afectar diferentes sectores de la economía nacional (Reporte Mexicano de Cambio Climático RMCC, 2015).

Las nubes influyen en la regulación de la temperatura del planeta, por medio del balance radiativo, reflejando la radiación solar (Rg), (radiación de onda corta) de regreso al espacio emitiendo radiación de onda la larga, (Ra). De esta forma llega una menor cantidad de radiación a la superficie terrestre, efecto que se le conoce como el efecto del albedo de las nubes (Intergovermental Panel on Climate Change. IPCC, 2013). Además de reflejar la radiación solar, las nubes provocan un efecto invernadero, ya que absorben parte de la energía que se emite en la superficie terrestre (radiación de onda larga) y reemiten una parte de vuelta, lo que provoca un calentamiento (Lamb & Verlinde, 2011; Lohmann, Lüönd, & Mahrt, 2016). En la Fig. 2 sepresentan algunos resultados de los patrones espaciales de humedad media anual del suelo, ET y precipitación para el período 2003–2007 para Estados Unidos, Francia, Italia, China y Tailandia, caracterizando un clima semihúmedo, observandose humedad máxima principalmente en el centro-sur de Estados Unidos, centro-norte de México, Pakistán, partes de la India, y en algunas naciones africanas ecuatoriales, manteniendo un patrón espacial similar a la humedad del suelo, mostrando a su vez diferentes escenarios climáticos. “Resultados similares han sido obtenidos por otros investigadores, mostrando que el Sur de Europa experimentaría un aumento de temperatura, lo que conllevaría un incremento de la evapotranspiración, y una reducción de la precipitación media, especialmente en la época estival” (González, 2012, p 38; Miralles, Gash, Holmes, Jeu & Dolman, 2010).

Los cambios de fase del agua juegan un papel primordial en la microfísica de la nube, dichos cambios tienen lugar en orden molecular creciente y conducen a la formación de la nube. Uno de los problemas de la física de las nubes es que estos cambios tienen lugar en un equilibrio termodinámico. Estas transiciones superan la “barrera de energía libre” que las dificulta, las gotitas de agua poseen una intensa fuerza de tensión superficial que, para aumentar de tamaño por condensación, tienen que ser contrarrestadas por un fuerte gradiente de presión de vapor.

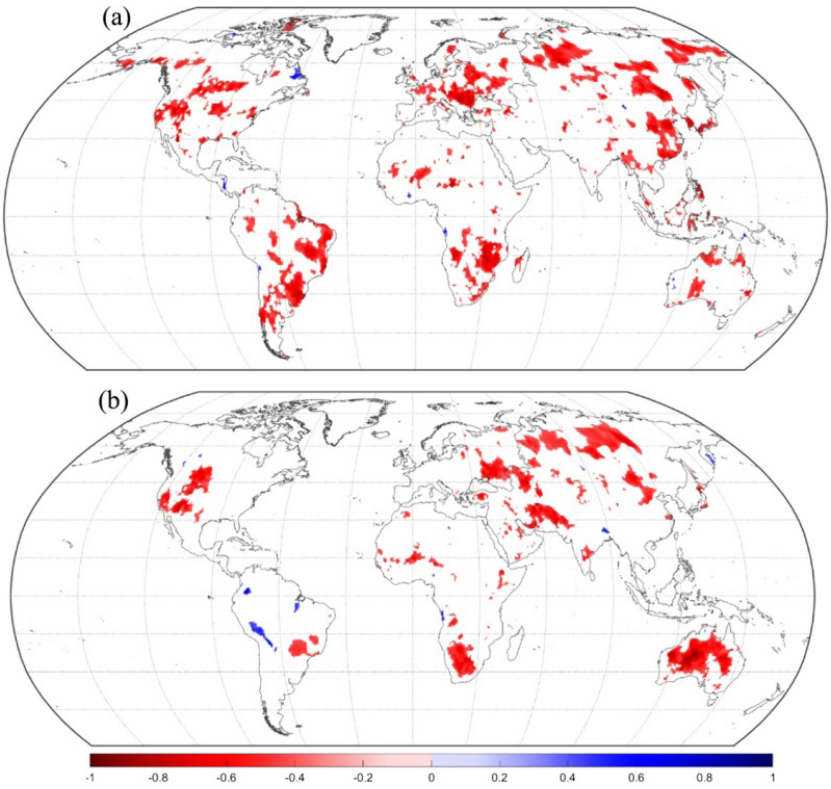


Figura 2. Correlación entre los valores de la (a) evapotranspiración potencial (ETp) y precipitación (P) y correlación (b) entre la componente aerodinámico de ETp y la P precipitación meteorológica y en parcela. Fuente: Miralles et al (2010).

El efecto neto global debido a la interacción de las nubes con la radiación es negativo, es decir, domina el efecto del albedo, y por lo tanto la superficie de la Tierra se enfría (Intergovermental Panel on Climate Change (IPCC), 2013). Aunque el efecto neto global sea negativo, existen algunas regiones del planeta en las cuales el efecto de invernadero de las nubes es predominante como se muestra en la Figura 3. Los datos mostrados en la Figura 3 son resultado del promedio durante el periodo 2001 – 2011, a partir de la edición 2.6r del sistema *Clouds and the Earth's Radiant Energy System* (CERES) *Energy Balance and Filled* (EBAF).

3. La evaporación en la región central de México.

El Cambio Climático Global (CCG) y sus impactos sobre los recursos hídricos constituyen una de las principales preocupaciones al momento de cuantificar los recursos disponibles en escenarios futuros para orientar la toma de decisiones. El conocimiento adecuado de la evaporación es de suma relevancia para la planeación, gestión y administración de los recursos hídricos a nivel mundial y de país. En los últimos años la reducción de los recursos hídricos modifica el estado original de los ecosistemas naturales, variando rápidamente los flujos de vapor, ya sea por condiciones de cambio

climático o antrópicas, lo que expone a los bosques, suelo forestal y cuerpos de agua a cambios trascendentales en su dinámica de equilibrio natural y en la reducción, degradación o desaparición del hábitat de numerosas especies de animales y la conjunta extinción de los recursos naturales (Becerril, 2015).

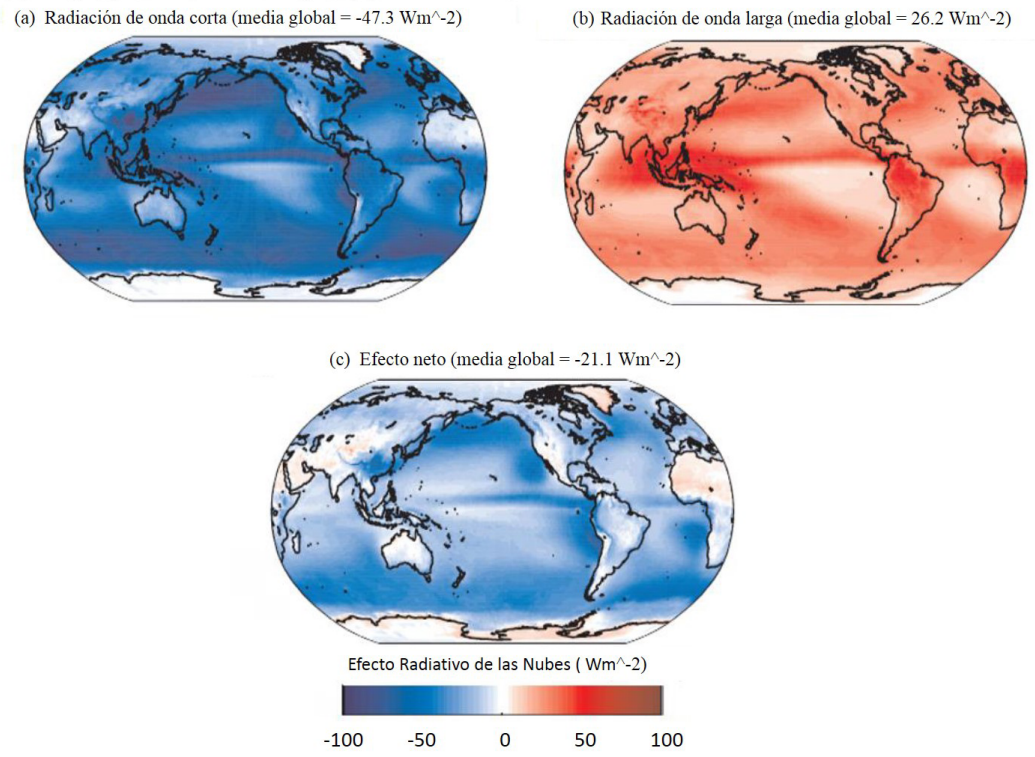


Figura 3. Efecto Radiativo de las Nubes. Distribución de la media anual observada en la parte superior de la atmósfera para: a) radiación de onda corta b) radiación de onda larga y c) efecto neto global. Fuente: Adaptación de IPCC (2013).

En general, los estudios de vulnerabilidad han tomado gran relevancia desde la declaración del desarrollo del CCG, estudios que han transitado por diferentes miradas y concepciones de las ciencias monodisciplinares según sus necesidades y métodos, generando una visión desarticulada y no integradora del problema. En la última década y por preocupación del desconocimiento de los efectos generados a partir de la aceptación del CCG, se han planteado importantes análisis, los cuales evidencian que el clima ha variado, así como su magnitud y frecuencia. En esta situación aún hay grandes vacíos en el análisis de las condiciones atmosférica del ciclo hídrico que concluye con su precipitación en forma

de lluvia, nieve o granizo. Puesto que la atmósfera es un reservorio de agua pequeño en comparación con océanos y continentes, la transferencia a otros reservorios debe ser rápida. Los tiempos de residencia del agua en océanos, glaciares, aguas subterráneas, ríos, lagos, rocas, suelos y organismos van de semanas a cientos y miles de años. Este almacenamiento temporal modula la velocidad del ciclo hidrológico global que contribuye a la Variabilidad Climática (patrones de relación territorial-agua). Por consiguiente, la repartición de la evaporación demuestra la vulnerabilidad en el aprovechamiento de los recursos hidricos, bajo estas condiciones estudios teóricos, experimentales y de modelación permiten estimar los posibles sus efectos adversos ante Variabilidad Climática (VC).

Repartición de la evaporación

Cuando nos referimos a la repartición de la evaporación nos remitimos al balance hídrico dentro de un sistema, es decir el cambio de masa S, respecto al tiempo t, dentro del sistema, establecido por la diferencia entre la entrada $Q1$ y salida de masa del sistema $Q2$ (Daugherty, Franzini & Finnemore, 1985, p 598).

$$\frac{dS}{dt} = Q_1 - Q_2 \qquad (1)$$

Quizá la salida principal del sistema es la evaporacion, integrada por los flujos de vapor indicados en la relación siguiente

$$E = E_T + E_S + E_W + E_I \qquad (2)$$

Siendo la evaporación del suelo, la evaporación por transpiración de la vegetación (la suma de ambas suele llamarse evapotranspiración). es la evaporación de los cuerpos de agua, es la evaporación de la precipitación retenida por la cobertura vegetal, proceso ampliamente conocido como pérdidas por intercepción (Groen & Savenije, 2006).

Las pérdidas por intercepcion también están constituidas por flujos de vapor que emergen de diversas fuentes, la evaporación producto de intercepción de la vegetación arbórea , herbácea y el lecho de residuos vegetales , formado por detritus vegetal.

$$E_I = E_{IA} + E_{IH} + E_{IL} \quad (3)$$

Para investigar como ocurre la distribución de la evaporación en sus diversos componentes (Ecuaciónes 2 y 3) se muestra un ejemplo, de la zona semiárida del centro del país. En esta región, la evaporación fue modelada con ayuda del modelo del tipo SVAT (Soil Vegetation Atmosphere Transfer) SiSPAT (Braud I, Dantas, C., Vauclin, M., Thony, L. & Ruelle, 1995) y analizada su distribución en tres sitios para el periodo 2005-2008, con vegetación representativa del semidesierto (Mastachi, 2010).

El estudio fue realizado en el periodo de lluvias de 2006 en tres sitios del centro de México: El Carmen, en el estado de Guanajuato; Amazcala y Cadereyta, las dos primeras pertenecientes a la cuenca del río Laja, en los estados de Guanajuato y Querétaro, y la tercera situada en la parte alta de la cuenca del río Moctezuma (Fig. 4).

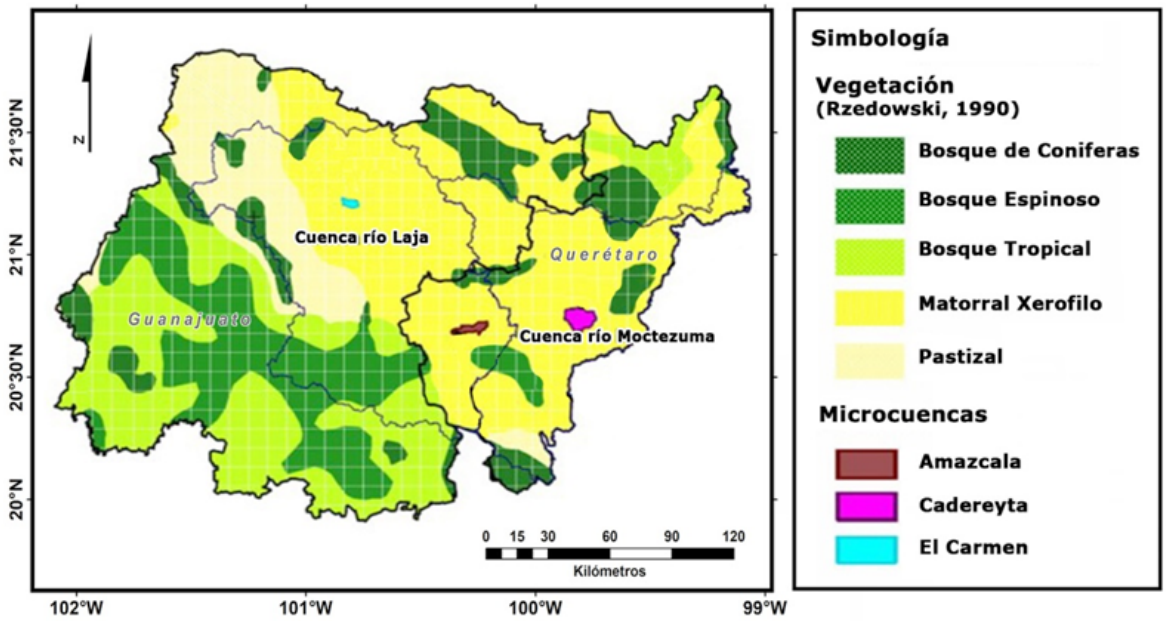


Figura 4. Localización de las 3 microcuencas semiáridas situadas en la región centro de México, Norte de Guanajuato y Centro-Sur de Querétaro (Coordenadas en UTM). Fuente: Modificado por Miguel Angel Flores. Departamento de Geografía Social, Instituto de Geografía, UNAM.

El perfil fisonómico de la vegetación lo constituyen el matorral xerófilo, representada por pastos y una distribución dispersa de mezquite (Prosopis laevigata) y huizache (Acacia farnesiana), especies dominantes de las microcuencas (Fig. 5).

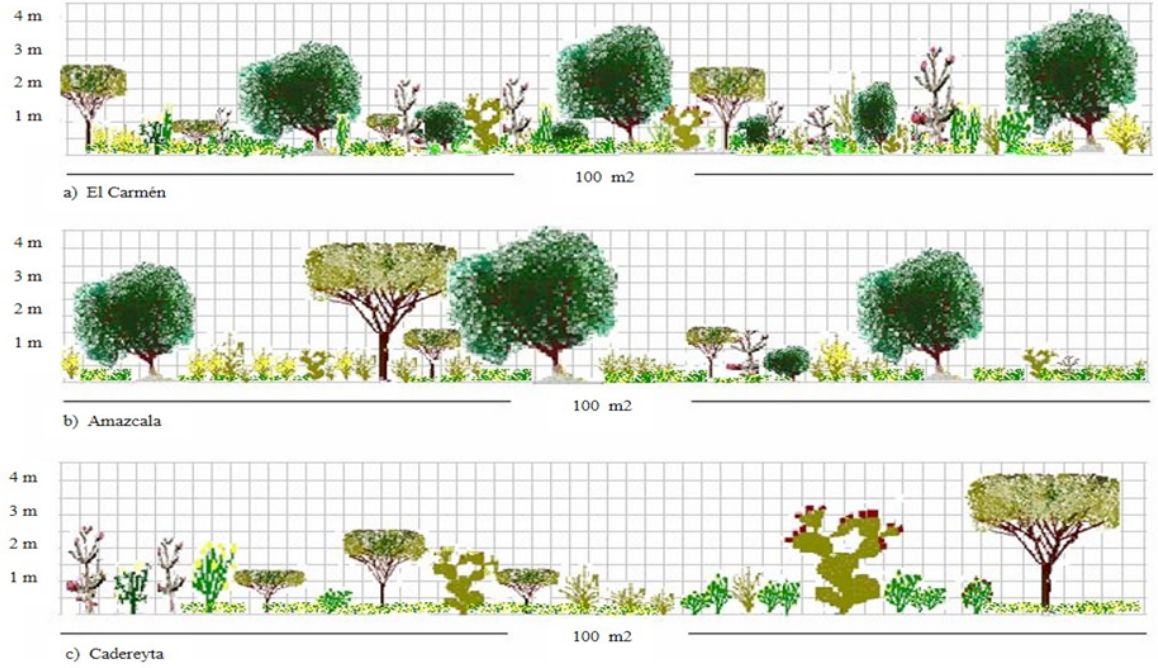


Figura 5. Perfiles fisonómicos de la vegetación en los sitios experimentales. Fuente: Elaboracion propia.

En la Figura 6, se muestra el comportamiento de perfiles de humedad del suelo, en El Carmen y Cadereyta donde puede observarse un comportamiento similar a pesar de que los sitios están distanciados entre 70 y 100 Km. Estos resultados manifiestan un clima regional. Uno de los aspectos importantes del estudio fue el uso de diversas técnicas para el relleno de datos faltantes, codificados como NAN, a cada 30 minutos, se aprecia al mismo tiempo la dinámica de la humedad en el tiempo. Se presentan los resultados obtenidos con el modelo SiSPAT, el cual contempla el crecimiento de la vegetación, la transferencia de agua y energía en el suelo (ecuaciones acopladas que asumen los flujos de masa en fase líquida y vapor), toma en cuenta la extracción por las raíces en el cómputo de los flujos de superficie, así como en el cálculo de la transpiracion en términos de la conductancia estomática.

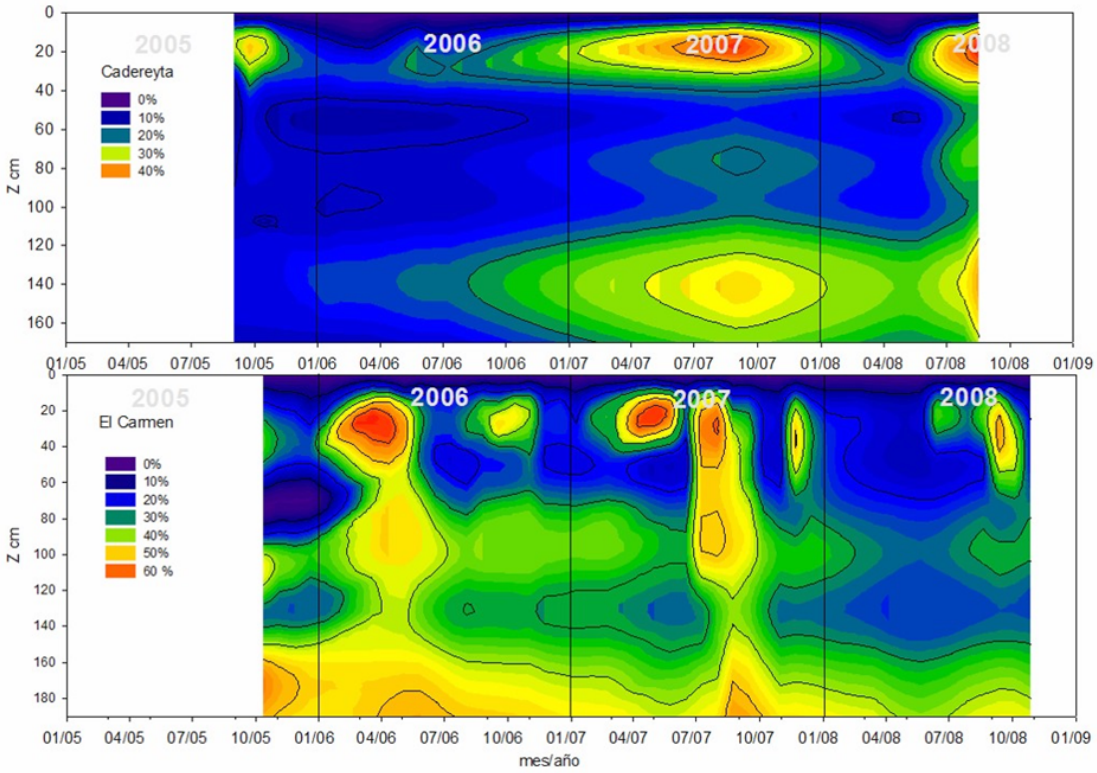


Figura 6. Interpolación de los perfiles de humedad de Cadereyta y El Carmen. Fuente: Mastachi (2010).

Para estimar la repartición de la evaporación en sus diversos componentes fue llevado a cabo un análisis de sensibilidad de los parámetros de los componentes del suelo, planta y atmósfera requeridos por el modelo con SiSPAT. En la Fig. 7 se muestra el esquema del modelo SiSPAT. El análisis de sensibilidad fue hecho con el método del Hipercubo Latino Óptimo (LHSO) (Stocki, 2005), disponible en el software paquete LHS V.5 por Rob Carnell para el programa R. Los componentes del balance resultaron ser más sensibles a los parámetros asociados al suelo y el índice de área foliar.

Y en la Fig. 8 puede verse la distribución de la evaporación para los sitios de Cadereyta (Querétaro) y El Carmen (Guanajuato). La modelación con SISPAT demostró que durante el periodo de estudio la evapotranspiración anual para Cadereyta fue menor a *PG* (-10 y -5%) y superior a *PG* para El Carmen (10 y 30%). La evaporación del suelo *ES*, con relación a la lluvia anual, fue del orden del 16% en el sitio de Cadereyta y del 23% para El Carmen.

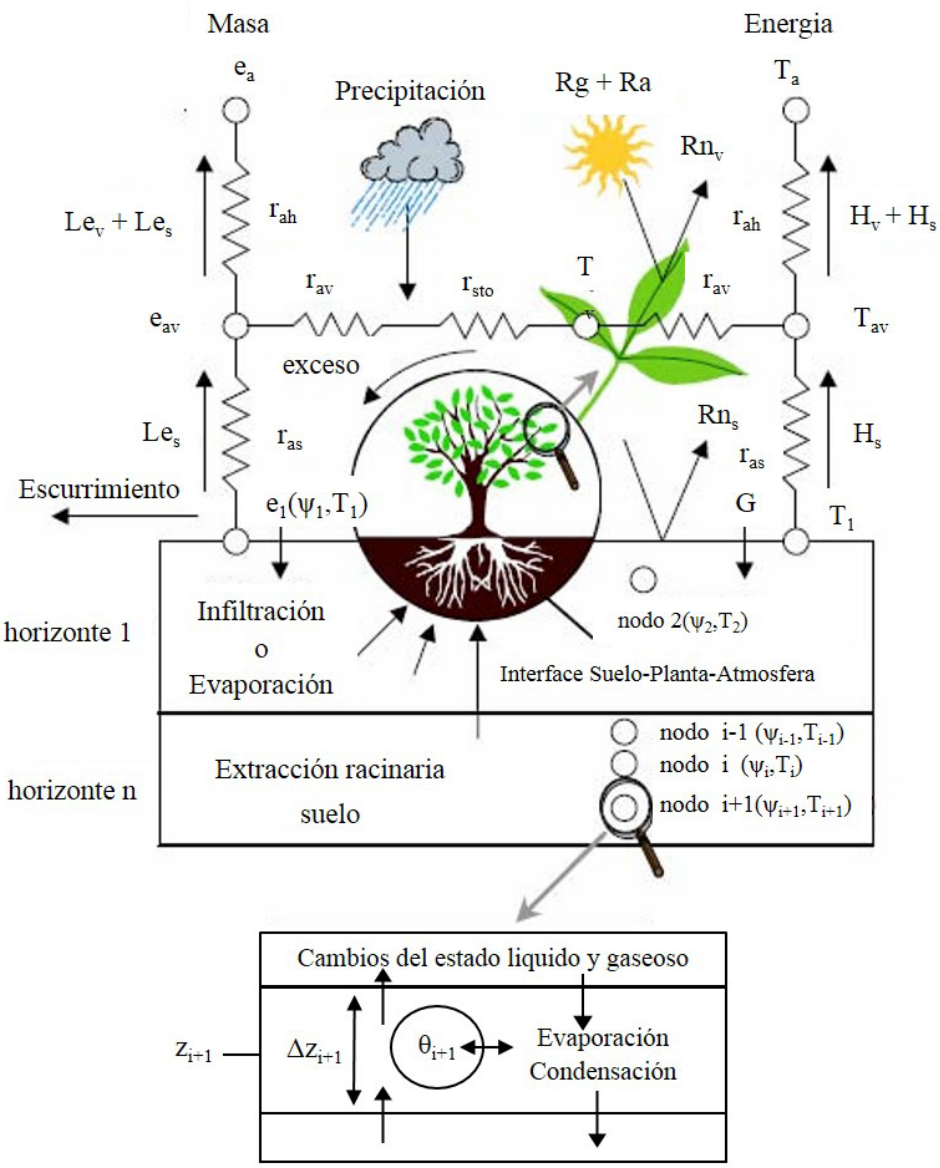
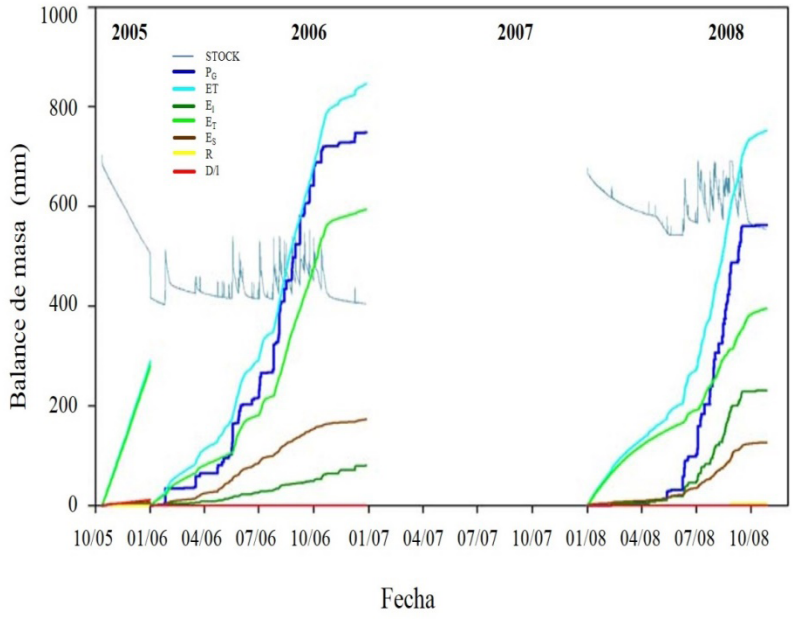


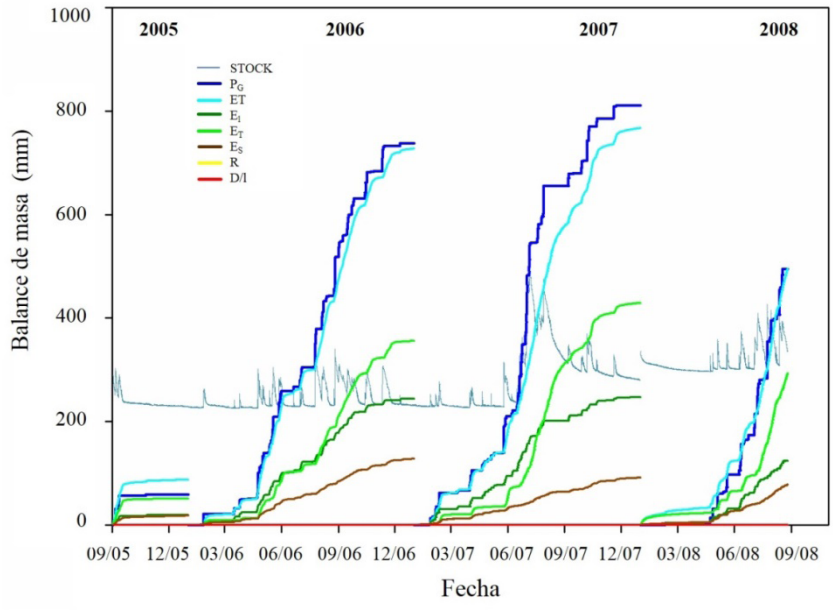
Figura 7. Esquema general del modelo SISPAT. Fuente: Extraido de Braud I., Vauclin, M. & Dantas-Antonino, A.C. (1995).

La modelación con SiSPAT demostró que durante el periodo de estudio la evapotranspiración anual para Cadereyta fue menor a la precipitación total *PG* (-10 y -5%) y superior a *PG* para El Carmen (10 y 30%). La evaporación del suelo , con relación a la lluvia anual, fue del orden del 16% en el sitio de Cadereyta y del 23% para El Carmen (Fig. 8a y 8b), respectivamente.

Finalmente, en ambos sitios se simuló una pérdida del agua almacenada en el suelo atribuida a una deficiencia del modelo unidimensional que no puede tomar en cuenta las entradas laterales y flujos preferenciales que se sospechó existen en los sitios de estudio. La evaporación total por la estimación de la intercepción E_I obtenida en las regiones de estudio, representa el 22% de la evaporación en términos de la variabilidad interanual de la precipitación.



(a)



(b)

Figura 8. Repartición de los componentes del balance hídrico para el periodo 2005-2008, Cadereyta (**a**) y El Carmen (**b**). Fuente: Mastachi (2010).

Los resultados ponen en evidencia la gran relevancia de la conservación de los ecosistemas de ambientes semiáridos del centro del país, específicamente huizache (Acacia farnesiana) y el mezquite (Prosopis laevigata), especies dominantes a lo largo del semidesierto de México. Estas especies tienen un papel relevante en la regulación de los procesos hídricos en climas semiáridos, regulan el agua disponible para la conservación de los ecosistemas, ya que funcionan como fotoprotectores retardando la evapotranspiración y facilitando la infiltración, lo cual genera la formación de vegetación asociada a estas especies creando las condiciones para la formación de las denominadas "**islas de fertilidad**" que entre sus diversas funciones reducen la erosión, los escurrimientos y regulan las necesidades hídricas del semidesierto frente al Cambio Climatico en México.

4. Conclusiones

El primer contacto de la lluvia antes de llegar al suelo son la vegetación y la infraestructura urbana, interceptando una buena parte de lluvia para después ser retornada a la atmósfera en forma de flujo de vapor, proceso también denominado pérdida por intercepción. Este componente es importante en la estimación de la evaporación del planeta porque ayuda a entender la evaluación completa del ciclo hidrológico y del balance hídrico. A pesar de que la evaporación por intercepción puede llegar a ser relevante en el balance hídrico de bosques, no deja de ser importante en ecosistemas semiáridos, donde la intercepción también juega un papel notable en el ciclo hidrológico.

Las cuencas hidrográficas como principales proveedoras de servicios ecosistémicos, son vitales para el desarrollo de las comunidades humanas, se encuentran expuestas a diversas problemáticas de orden natural y antrópico, los cuales afectan negativamente el ecosistema, limitando la oferta de agua. En este sentido, la propuesta aborda esta problemática ambiental teniendo como eje de articulación los cambios de cubierta vegetal-suelo y su efecto en la evapotranspiración, principal vector de transformación, como respuesta a las necesidades hídricas frente al Cambio Climático.

Lo anterior implica no solo la pérdida de un recurso natural, sino también la alteración del abastecimiento de agua, dado que se espera que ante escenarios de mayor temperatura, mayor evapotranspiración y un régimen de lluvias exacerbado, que altere las propiedades hidrofísicas de los suelos (Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. CONDESAN. 2010), las cuales desempeñan un papel crucial en la regulación hidrológica (Maeda, Wiberg & Pellikka, 2011; Kousari & Ahani, 2012).

Referencias

Becerril R. (2015). *Estimación de la evapotranspiración en la zona semiárida de México mediante teledetección.* Toluca, México: Universidad del Estado de México.

Biswas, A. (2004). Integrated water resources management: a reassessment: a water forum contribution. *Water International*, *29*(2), 248-256. DOI: 10.1080/02508060408691775.

Braud, I., Dantas-Antonino, A.C., Vauclin, M., Thony, J.L. y Ruelle, P. (1995). Simple Soil Plant Atmosphere Transfer model (SiSPAT).Development and field verification. *Journal of Hydrology,166*(1-4), 213-250.

Braud, I., Vauclin, M. & Dantas-Antonino, A.C. (1995). A stochastic approach to study the influence of the spatial variability of soil hydraulic properties on surface fluxes temperature and humidity. *Journal of Hydrology*, *165* (1-4), 283-310.

Chen, S. B., Liu, Y. F., & Thomas A. (2006). Climatic change on the Tibetan Plateau: Potential evapotranspiration trends from 1961-2000. *Climatic Changes 76*(3), 291-319.

Comber, A. J. (2008). The separation of land cover from land use using data primitives. *Journal of Land Use Science, 3*(4), 215-229. DOI: 10.1080/17474230802465173.

Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. (2010). *Indicadores de evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad de los países de la comunidad andina*. Quito, 30 de marzo 2010. Recuperado de https://issuu.com/pacc_peru/docs/indicadores-impactos-biodiversidad_condesan.

Daugherty, R. L., Franzini, J. B.& Finnemore, E. J. (8th Ed) (1985). *Fluid Mechanics with Engineering Applications.* , New York, USA: McGraw Hill..

González, Z, (2012) *Impacto del cambio climático sobre los usos del agua en Europa* (Tesis de Doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Groen, M. M. & Savenije, H.H.G. (2006). A monthly interception equation based on the statistical characteristics of daily rainfall. *Water Resources Research, 42*(12), 1-10.

Henríquez, L., y Miner, A. J. (2014). Revisión y validación de la evapotranspiración potencial (ETP) media anual y media mensual en Honduras obtenida por métodos ambientales de percepción remota. *Revista Ciencia y Tecnología*, *14*(6), 77-98.

Intergovermental Panel on Climate Change. (2013). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Recuperado de http://ipcc.ch/

Jensen, M.E. (July 1990). Arid Lands-impeding water population crises. *Hydraulics / Hydrology of arid lands*, Proceedings of the international Symposium, St. Diego California.

Kousari, M. R., & Ahani, H. (2012). An investigation on reference crop evapotranspiration trend from 1975 to 2005 in Iran. *International Journal of Climatology, 32*(15), 2387-2402.

Lamb, D. & Verlinde, J. (2011). *Physics and Chemistry of Clouds*. Recuperado de http://pennstate.pure.elsevier.com/

Lohmann, U., Lüönd, F., Mahrt, F. (2016). *An Introduction to Clouds: From Microscale to Climate*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Maeda, E. E., Wiberg, D. A., & Pellikka, P. A. E. (2011). Estimating reference evapotranspiration using remote sensing and empirical models in a region with limited ground data availability in Kenya. *Applied Geography, 31*(1), 251-258.

Marshall, J., Plumb, R. A. (2008). *Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics*. Amsterdam, Holanda: Academic Press.

Mastachi L, C. A. 2010. *Adaptacion de un modelo de balance hídrico a un mabiente semiárido.* Tesis de Doctorado. Universidad Autonoma de Querétaro. Querétaro, México. Miralles, D. G., J. H. Gash, T. R. H. Holmes, R. A. M. de Jeu, and A. J. Dolman (2010), Global canopy interception from satellite observations, *Journal of Geophysical Research,* 115, D16122, doi:10.1029/2009JD013530.

Mülmenstädt, J., Sourdeval, O., Delanoe, J., Quaas, J. 2015. Frecuency of occurrence of rain from liquid-, mixed-, and ice-phase clouds derived from A-Train satellite retrievals. *Geophysical Research Letters*, *42* (15), 6502 - 6509.

Ortíz, C. (2011). *Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana*. México D.F.: Universidad Autónoma de Chapingo.

Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceeding Royal Society of London*, *193*(1032), 120-145.

Räisänen, P., Barker, H. W., Khairoutdinov, M. F., Li, J., & Randall, D. A. (2004). Stochastic generation of subgrid-scale cloudy columns for large-scale models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography*, *130*(601), 2047-2067..

Reporte Mexicano de Cambio Climatico. (2015). *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptacion. Grupo II*. November 2015 . Recuperado de http://researchgate.net/

Rodríguez, R., y Llasat, M, (1997). Análisis temporal y espectral de la serie de precipitación mensual de Barcelona (España). *Ingeniería del agua, 4* (10), 1997-2732.

Stocki, R. (2005). A method to improve desing reability using optical Latin hypercube sampling. *Computer Assisted Mechanics and Engineering Sciences12*(4),393-411.

Suleiman, A. A., & Hoogenboom, G. (2009). A comparison of ASCE and FAO-56 reference evapotranspiration for a 15-min time step in humid climate conditions. *Journal of Hydrology, 375*(3), 326-333.

Trenberth, K. E., Fasullo JT, Kiehl J. (2009). Earth's global energy budget. *Bulletin American Meteorological Society*. *90* (3), 311– 323.

Trenberth, K. E., Smith, L., Qian, T., Dai, A., and Fasullo, J. (2007). Estimates of the global waterbudget and its annual cycle using observational and model data, *Journal of Hydrometeoroly*, *8* (4) 758–769, DOI : 10.1175/JHM600.1, 2007.

Wang, K. C., & Dickinson, R. E. (2012). A review of global terrestrial evapotranspiration: Observation, modeling, climatology, and climatic variability. *Reviews of Geophysics, 50*(2), 1-54. Recuperado de DOI : 10.1029/2011RG000373.

Wattenbach, M., Hattermann, F., Weng, R., Wechsung, F., Krysanova, V., Badeck, F. (2005). A simplified approach to implement forest ecohydrological properties in regional hydrological modelling. *Ecological Modelling, 187*(1), 40-59.

Weng, Q. (2001). A remote sensing–GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing, 22*(10), 1999-2014. DOI: 10.1080/713860788
Willmott, C. J. 1981. On the validation of models. Physical Geography. 2(2):184-194.

CAPÍTULO 10

LA HABITABILIDAD EN UNA REGIÓN DE EMERGENCIA AMBIENTAL: el caso de la cuenca del río Tijuana

Muñoz G.[1]

[1] El Colegio de la Frontera Norte. Departamento de Estudios Urbanos y Medio Ambiente. gmunoz@colef.mx

Resumen

El término habitabilidad adopta diferentes acepciones según los marcos teóricos-conceptuales y escalas a través de los cuales se vea. Aquí se acuña el concepto "habitabilidad regional" y se describe su relación con lo local (cuenca hidrográfica) y global (cambio climático). Para ejemplificar la estimación se recurre al uso de indicadores socioeconómicos y ambientales, y al análisis de flujos de materia y energía para describir los impactos ocasionados por la urbanización acelerada en la cuenca del río Tijuana. Los resultados indican que este proceso ha demandado un incremento de dos o hasta tres grados de magnitud del consumo de materiales de construcción y electricidad, también ha determinado la dependencia de Tijuana hasta en 90 % en las transferencias de agua del Río Colorado con un alto costo energético y ambiental. La rápida urbanización está asociada al modelo de desarrollo en la región, como se manifiesta por la comparación con Monterrey. Se concluye que el desarrollo adoptado ha alejado a las urbes en la cuenca de la sustentabilidad ambiental y les ha conferido un estado de emergencia ambiental; tampoco las ha hecho resilientes ni ha contribuido a la habitabilidad regional.

Palabras clave: Habitabilidad regional, Cuenca del Río Tijuana, Cambio Climático

Abstract

Habitability has diverse meanings depending on the theoretical-conceptual framework and scale used. Here the term "regional habitability" is minted and its relation to a local watershed and global climate change are described. Furthermore, regional habitability is characterized for the Tijuana River Watershed using socio-economic and environmental indicators as well as Material and Energy Flow Analysis to describe the impacts related to the rapid urbanization in such watershed. Results indicated that this process demanded inputs of construction materials and electricity in two or three orders of magnitude; and make Tijuana depend on 90 % of water transferences from the Colorado River with a large energy investment and emission's generation. The accelerated urbanization is associated to the regional development model as shown through a comparison with Monterrey. It is concluded that this development has not contributed to the urban environmental sustainability but to an environmental emergency; it has not increased urban resilience neither has improved its regional habitability.

Keywords: Regional habitability, Tijuana River Watershed, Climate Change

Introducción

Las nociones del término habitabilidad varían dependiendo del campo de estudio, más si de orígenes se trata las bases del concepto y las métricas para medirla se ubican en la Ecología, donde la idea de habitabilidad es conocida como idoneidad del hábitat y es medida a través del índice de Idoneidad o de Hábitat Adecuado (HSI por sus siglas en inglés *Habitat Suitability Index*) mismo que fue desarrollado hacia 1980 por el Servicio de Pesca y Fauna Silvestre de los Estados Unidos como parte de los procedimientos de evaluación del hábitat para estandarizar definición y métrica de habitabilidad (U.S. Fish and Wildlife, 1980). El HSI usa componentes clave a fin de comparar mediante una tasa las condiciones existentes contra las óptimas para una especie o comunidad dada, de esta forme el índice se relaciona con la capacidad de carga o los recursos disponibles en un ambiente para soportar vida.

El concepto de habitabilidad se ha trasladado a otros campos de estudio, por ejemplo hacia 2007 la idea es adoptada en Astrobiología, en donde si bien de manera general se entiende que la habitabilidad se asocia a la idoneidad de un ambiente para soportar vida, aún no hay un consenso sobre una definición única (Hoehler, 2007; Domagal-Goldman et al., 2016; Cockell et al., 2016) y las diversas acepciones de habitabilidad la asocian con materia, energía y estado del ambiente para soportar vida. Si la definición aún presenta un reto, cuanto más la forma de medirla, en Astrobiología no se usa el HSI por problemas de temporalidad, escala de microambiente a planetarias y formas de vida simple a compleja (Mendez et al., 2018).

Por otro lado, el término "habitabilidad" es usado ampliamente y desde hace tiempo atrás en el campo de la Arquitectura y el Urbanismo, en un principio ligado a la vivienda, donde se define como la cualidad de un espacio de ser habitable de acuerdo a determinadas normas y códigos que tiene un espacio y que conforme a ellos define su capacidad para satisfacer las necesidades humanas; debe proporcionar confort y protección a sus ocupantes, proteger su salud y tener la superficie adecuada para alojarlos (Mues-Zepeda, 2011). La acepción ha evolucionado hasta reconocer el entorno y por lo tanto incrementar su asociación con la sustentabilidad ambiental; aunque se reconoce que para determinarla se debe también recurrir a indicadores sociales y económicos.

Si bien es cierto que la noción de habitabilidad es recurrida en el diseño de interiores ya sea de viviendas, edificios y espacio público (Cuvelier-García, Aguirre-Escárcega y Téllez-García, 2018) e incluso se ha propuesto una teoría unificadora entre la relación entre sustentabilidad y habitabilidad del espacio construido (Mahdavi, 1998). La habitabilidad no se restringe a esa escala sino se ha conformado a nivel urbano, mismo que se considera como parte fundamental del

desarrollo sustentable por la necesaria articulación entre los subsistemas social y ecológico. Se ha propuesto que la habitabilidad urbana podría ser medida mediante tres enfoques: físico-espacial, medio-ambiental y psico-espacial (Garfias-Molgado y Gúzman-Ramírez, 2017), y recurriendo a una numerosa serie de indicadores pero que busca el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos (Garfias-Molgado y Araujo-Giles, 2015).

De acuerdo al programa Habitat de la Organización de las Naciones Unidas (ONU-Habitat, 2010) las metas de una urbanización sustentable deben incluir la reducción de gases efecto invernadero, el aminoramiento de la generación de residuos y consumo energético, el desarrollo económico, el acceso a suelo y/o edificaciones en ubicaciones adecuadas y seguras, con derechos claros sobre la propiedad y marcos regulatorios adecuados; abatimiento de la pobreza, minimización de la informalidad y seguridad; aspectos todos que participan en la habitabilidad y en la sostenibilidad de una ubicación determinada.

Ahora bien, la revisión de las diversas acepciones de la habitabilidad deja entrever un vacío que si bien parece acercarse a la escala urbana difiere porque no sucede dentro de la metrópolis sino sobre el entorno donde se expande, es bajo esta reflexión que se considera acuñar una acepción que contemple a la región. Así, la habitabilidad regional es la relación dinámica y adecuación entre el hombre y su entorno delimitado de manera biofísica -por ejemplo a nivel de cuenca hidrográfica-; dicha relación tendería -en su estado óptimo- al equilibro que puede lograrse incluyendo un alto grado de sustentabilidad que busca reducir o eliminar los impactos ambientales y mantener o disminuir el grado de entropía en el espacio en la actualidad pero también en el futuro por lo que condiciones de cambio climático deben ser consideradas mediante el incremento de la resiliencia ambiental, social y económica.

1. Estudio de caso: la cuenca del río Tijuana

De acuerdo a Chetty (1996), el método de estudio de caso es una estrategia metodológica apropiada para estudiar un proceso dinámico y para el cual las teorías existentes son inadecuadas. En este sentido, la cuenca del Río Tijuana es un perfecto ejemplo donde se entrecruzan múltiples procesos dinámicos provenientes de diversos ámbitos. Estos procesos tienen tienen repercusiones sobre la Habitabilidad Planetaria entendida como la capacidad fisicoquímica de un planeta o satélite planetario, para albergar vida por un tiempo determinado (Shock & Holland, 2007, Javaux & Dehant, 2010). Ahora bien, ¿hasta qué grado los procesos que ocurren en la zona de estudio tienen repercusión sobre la Habitabilidad Planetaria? Este estudio de caso es una primera propuesta para

delinear una manera de identificación y medición que al momento se desdibuja entre escalas.

Área de estudio

La Cuenca del Río Tijuana (CRT) es una cuenca hidrográfica binacional compartida entre las regiones noroeste de Baja California, México y el suroeste de California, EE. UU. (ver Figura 1). Está compuesta de un conjunto de cuencas hidrográficas fronterizas y abarca un área de 4,352 km^2 de la cual 2/3 se ubica en México y 1/3 en los EE. UU. La topografía de la CRT oscila de elevaciones a la altura del nivel del mar en su parte occidente hasta los 1994 y 1800 metros en sus montañas al noreste y sureste; respectivamente. Debe anotarse que la pendiente de oeste a este en la cuenca no es homogénea (Wright, 2005a&b).

El clima en la CRT es de tipo mediterráneo con lluvias invernales. La temperatura muestra una amplia variación asociada a elevaciones y alturas. En las partes más bajas las temperaturas medias anuales varían de 16 a 19 °C. En tanto que las partes más elevadas experimentan las temperaturas bajas de entre 9 a 11 °C. La precipitación también muestra grandes variabilidades, con valores medios anuales que van de un poco más de 200 mm en el oeste a cerca de 1092 mm en el este. La hidrografía en la CRT está definida por el Río Tijuana, formada por dos subredes hidrográficas binacionales, que confluyen en la ciudad de Tijuana a unos 18 kilómetros del Océano Pacífico.

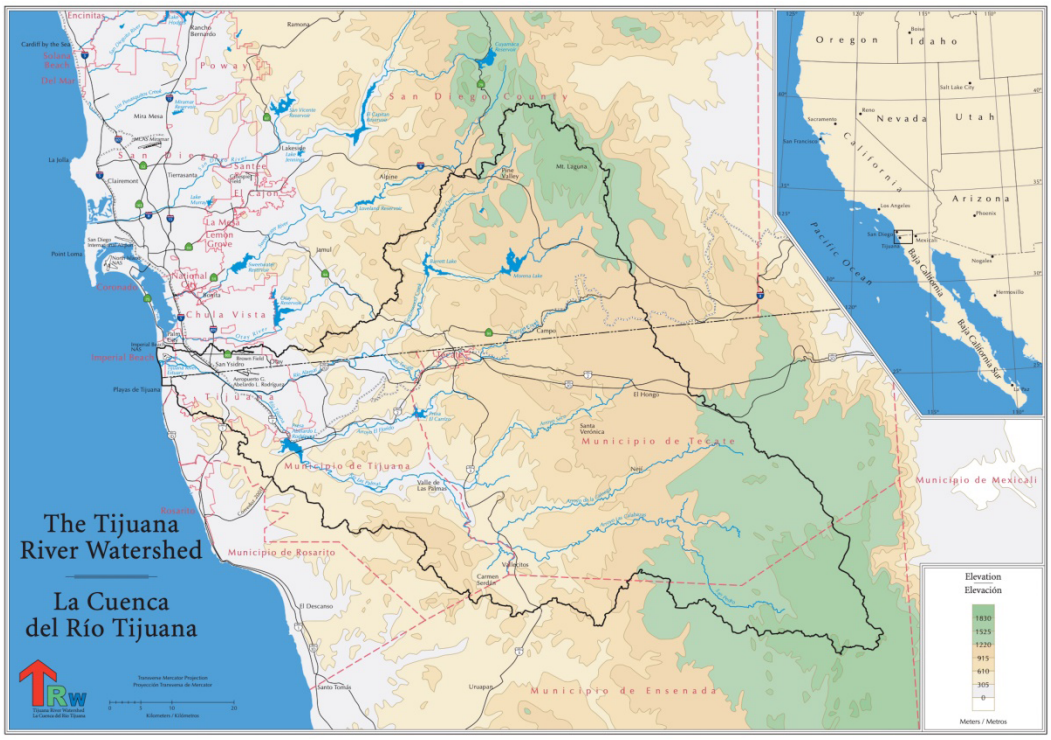


Figura 1. La Cuenca del Río Tijuana. Fuente: San Diego State University (SDSU), 2005.

Los suelos en la CRT se erosionan fácilmente, tienen alta permeabilidad pero baja retención del agua, por lo que se saturan rápido, son inestables y fáciles de inundarse (Ochoa y Ojeda-Revah, 2017). Por otro lado, la zona es susceptible a sismos, por estar en la región de convergencia de las placas Norteamericana y Pacífico (Mendoza, Acosta y Vázquez, 2009), lo que agrava los problemas de deslizamientos. De 1993 a 2011 los cambios de uso de suelo (Eaton-Gonzalez & Mellink, 2015) mostraron que las superficies sin vegetación y con bosque de encinos y matorral ripario cedieron 80%, en tanto que el pastizal se extendió 5,666 hectáreas (ha) y las zonas urbanas 24,218 ha. El crecimiento de superficie urbana lo hizo en detrimento también de áreas agrícolas.

Planteamiento del problema

La CRT en México está comprendida por dos municipios del Estado de Baja California – Tijuana y Tecate-; por su carácter fronterizo el área ha experimentado un atropellado crecimiento relacionado con el Programa de Industrialización Fronterizo de 1965 que dio paso a un incremento acelerado de la industria maquiladora, lo que atrajo mano de obra y un importante aumento poblacional -mayor al promedio nacional- (ver Cuadro 1). Al 2015, en la CRT se asentaban 1,743,976 personas, población que se estima llegue a 3,165,905 habitantes al 2030.

Tijuana ocupa 95 % de la CRT, y su crecimiento es indicativo de la expansión y densificación urbana en el área; por ejemplo, la superficie de esta ciudad aumentó en promedio 1.75 ha (0.0175 km^2) diario entre 1972 y el 2000, cifra que alcanzó 5.24 ha (0.0524 km^2) entre 1984 y 1994 (Bringas & Sánchez, 2006). Al 2010, la ciudad tenía una densidad poblacional de 1262.38 habitantes/km^2 según la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2013). La rápida urbanización ha traído un explosivo incremento de necesidades de residencia y servicios y como resultado un notorio deterioro ambiental.

Cuadro 1. Número de habitantes y tasa de crecimiento poblacional en la CRT

Municipio\Año	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2015
Tecate	6162	8208	18091	30540	51557	77795	101079	102406
Tijuana	65364	165690	340583	461257	747381	1210820	1559683	1641570
Total	71,526	173,898	358,674	491,797	798,938	1,288,615	1,660,762	1,743,976
Tasa de crecimiento (%)	**---**	**9.3**	**7.5**	**3.2**	**5**	**4.9**	**2.6**	**1**

Fuente: Censos Generales de Población y Vivienda, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y Conteo de Población y Vivienda 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Para atender las problemáticas ambientales, de los estados del norte -incluida Baja California - los gobiernos de México y E.U. firmaron el Convenio sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza de 1983 (Acuerdo de La Paz). Dicho convenio es la base para la cooperación binacional en la región fronteriza; cuatro programas han sido desarrollados desde su creación. El Programa Frontera 2020 es el esfuerzo más reciente, e identifica cinco metas estratégicas de largo plazo (2013-2020): 1) Reducir la Contaminación del Aire; 2) Mejorar el Acceso a Agua Limpia y Segura; 3) Promover el Manejo Integral de Materiales y Residuos, y Sitios Limpios; 4) Mejorar la Preparación Conjunta de Respuesta Ambiental; y 5) Fortalecer el Cumplimiento de la Ley y la Promoción de una Gestión Ambiental Responsable (Gobierno de México, 2018).

A pesar del programa binacional, la degradación ambiental persiste en toda la zona fronteriza EE. UU. – México, incluidos la CRT; aquí en particular las descargas de aguas residuales tratadas y crudas que escurren al Río Tijuana representan un potencial conflicto binacional dado que este río drena al Océano Pacífico a través de la Playa Imperial del Condado de San Diego, CA, EE. UU. Las aguas del Río Tijuana son tratadas en la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de la Bahía Sur misma que cuenta con una capacidad de 9.5 millones de l/día (25 millones de galones por día), desde 2014 esta capacidad es frecuentemente excedida por las descargas del Río Tijuana (Minute 320 Binational Technical Team, 2017), en particular durante la época de lluvias.

Metodología

A fin de caracterizar el concepto de habitabilidad regional se emplearon primordialmente dos métodos, el primero fue el análisis de flujos de materiales y energía eléctrica para describir los impactos en los ámbitos ambiental, económico y social debidos a la urbanización acelerada en la cuenca del río Tijuana. De manera adicional se estimaron impactos bajo condiciones de cambio climático desarrolladas por Das, Dettinger & Cayan (2010), quienes usaron observaciones históricas de la precipitación pluvial, temperaturas máximas y mínimas y velocidad del viento en el periodo 1950 a 1999 como datos de malla a 1/8 de resolución espacial para el área entera de la CRT; con estos datos se determinó el patrón climático base.

Das, Dettinger & Cayan (2010) estimaron proyecciones de cambio climático al siglo XXI para la temperatura y precipitación en celdas separadas por uno o dos grados de latitud y 100 a 200 km de longitud, usando tres modelos climáticos globales que acoplan océano y atmósfera: CNRM CM3, GFDL CM2.1 y NCAR PCM1; bajo dos escenarios de emisiones; media-alta (SRES A2) y baja (SRES B1). Estas estimaciones a gran escala se redujeron a mallas de 12 km usando el método de escala

de análogos construidos. Finalmente, dichos autores modelaron las respuestas del sistema hidrológico de la CRT usando el modelo hidrológico superficie-tierra de la capacidad variable de infiltración (VIC) y manteniendo fijos los valores de suelo y vegetación, en 27 celdas resultantes.

El segundo método fue metabolismo urbano (Wolman, 1965, Abou-Abdo, Davis, Noiva, Krones & Fernández, 2011) complementado por la tipología diseñada por Saldivar-Sali (2010), para realizar la comparación entre ciudades, tal tipología recurre a un grupo de variables independientes -tales como clima, población, densidad poblacional, índice de desarrollo humano y PIB/cápita- y a un grupo de variables dependientes entre las que se cuentan: demanda de energía total, electricidad, combustibles fósiles, minerales, materiales de construcciones, biomasa, agua, materiales y emisiones de CO_2.

Resultados y Discusión

Los resultados aquí mostrados se derivan de caracterizaciones de múltiples procesos de diversa índole, que ocurren a distintos períodos de tiempo, bajo diferentes tasas y con efectos desfasados; pero se escogieron a fin de mostrar la ocurrencia combinada e impacto conjunto.

La Figura 2, muestra el consumo de materiales de construcción en el sector residencial, en tanto que la Figura 3, despliega el incremento del consumo energético en la región. Como se observa, la urbanización ha requerido un incremento de 235 veces en materiales de construcción con la excepción de la madera, el adobe y material de desecho, donde el aumento fue en 11, uno y nueve veces, respectivamente. Por su parte el consumo de energía eléctrica se incrementó en cerca de 18 veces.

Este crecimiento urbano ha sido sostenido por las transferencias de las aguas del Río Colorado mediante un acueducto (ARCT) y dos presas. En la Figura 4 se muestra el volumen de agua entregado a la región desde 1985, fecha en que se puso en operación la mencionada infraestructura. Si bien desde entonces el acueducto ha surtido de agua a Tijuana, en 1992 las transferencias se extendieron a Tecate. En el periodo analizado el caudal de agua ha aumentado 176 veces. En 2016, el gasto energético para bombear agua en el ARCT ascendió a 523,833 MWh según la Comisión Estatal de Agua de Baja California (CEABC, 2016), con emisiones atmosféricas asociadas que contabilizaron 68,045 toneladas de CO_2, 409 toneladas de SO_2, 339 toneladas de NO_x y 90 toneladas de PM_{10} (Muñoz-Meléndez, 2020).

A la actualidad, la CRT -Tijuana en particular- depende en 90 % de las transferencias de agua en el acueducto. Por otro lado, en la Figura 4 también se incluyen los volúmenes de agua residual tratada, es relevante agregar que los volúmenes de agua tratadas son vertidos al Río Tijuana, entre esos escurrimientos se mezclaban hasta hace muy recientemente grandes volúmenes de aguas residuales crudas. Cabe añadir que el re-uso de agua tratada en la región alcanza el 6.3 % (CEABC, 2016).

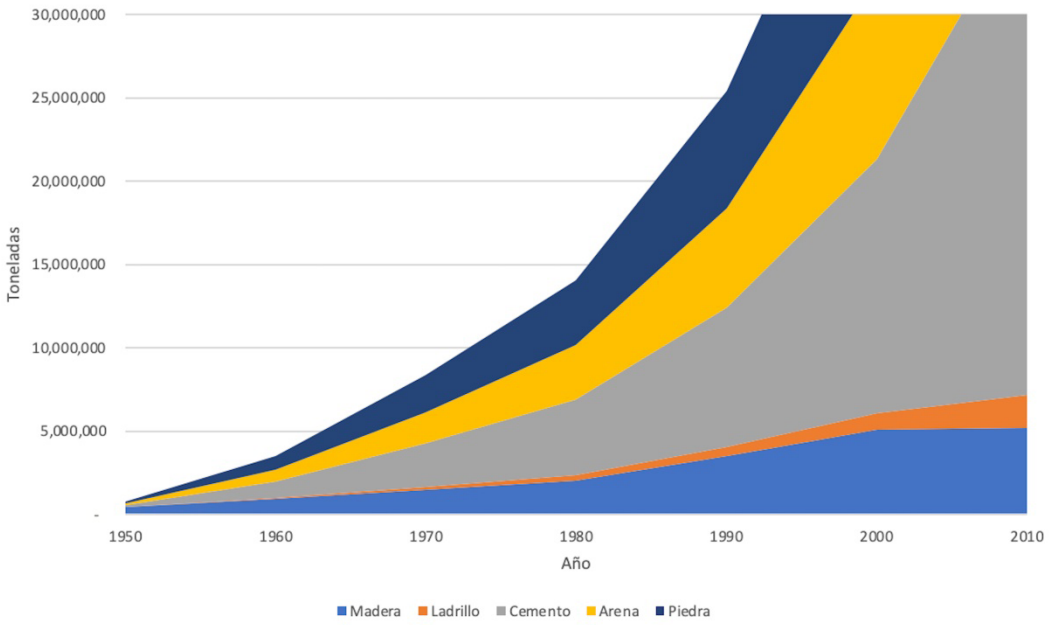


Figura 2. Consumo de materiales de construcción en el sector residencial en la CRT. Fuente: Elaboración propia usando Censos de Población y Vivienda de INEGI 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 y 2010.

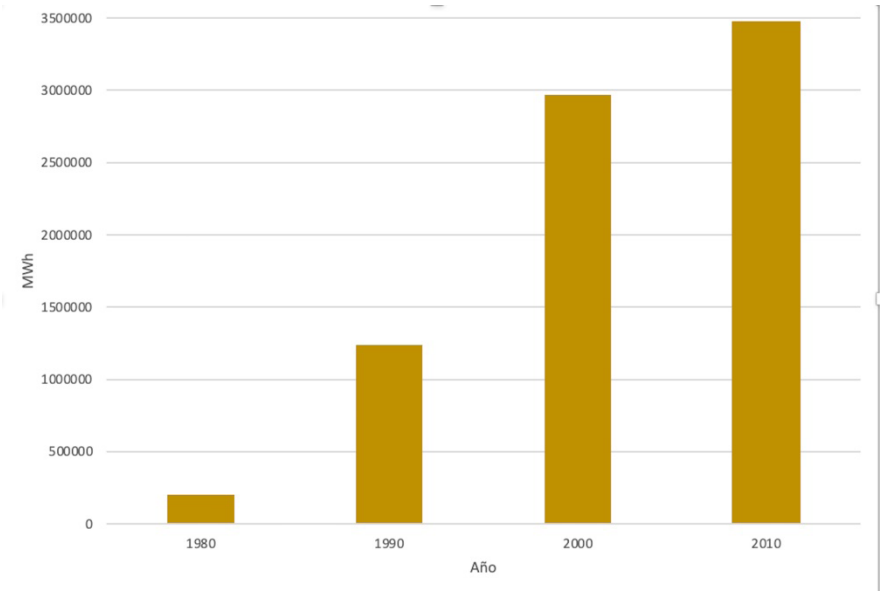


Figura 3. Consumo de energía eléctrica en la CRT. Fuente: Elaboración propia usando Anuarios Estadísticos y Geográficos de Baja California, INEGI 1984, 1991, 2001y 2012.

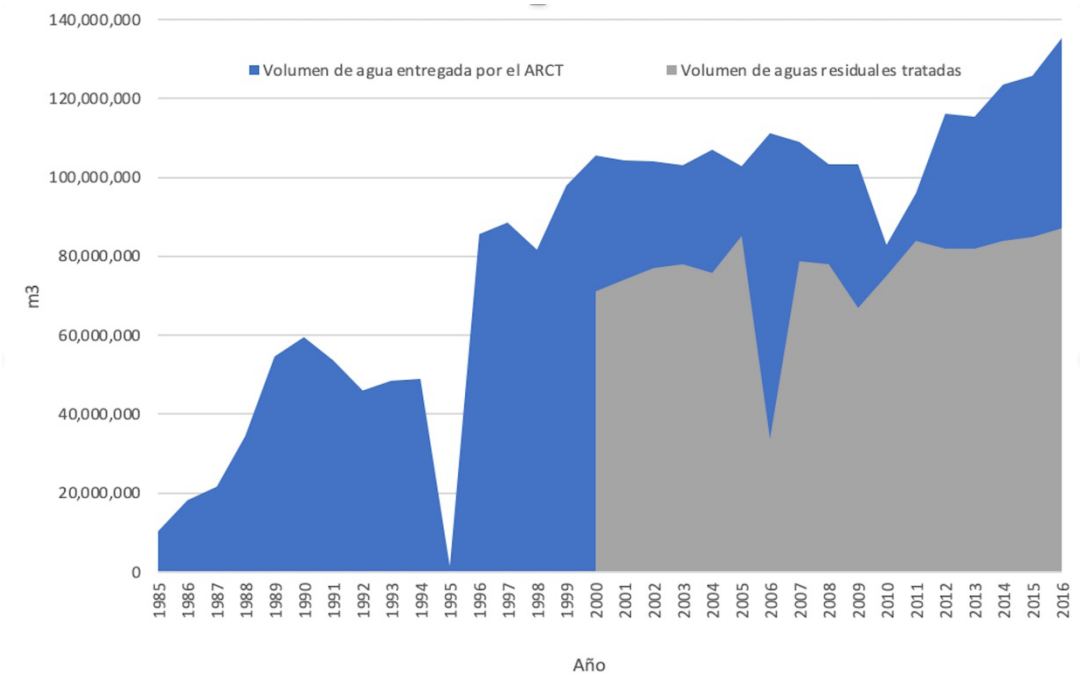


Figura 4. Volúmenes de agua de entrada y salida a la CRT Fuente: Elaboración propia usando datos de CEABC, 2016.

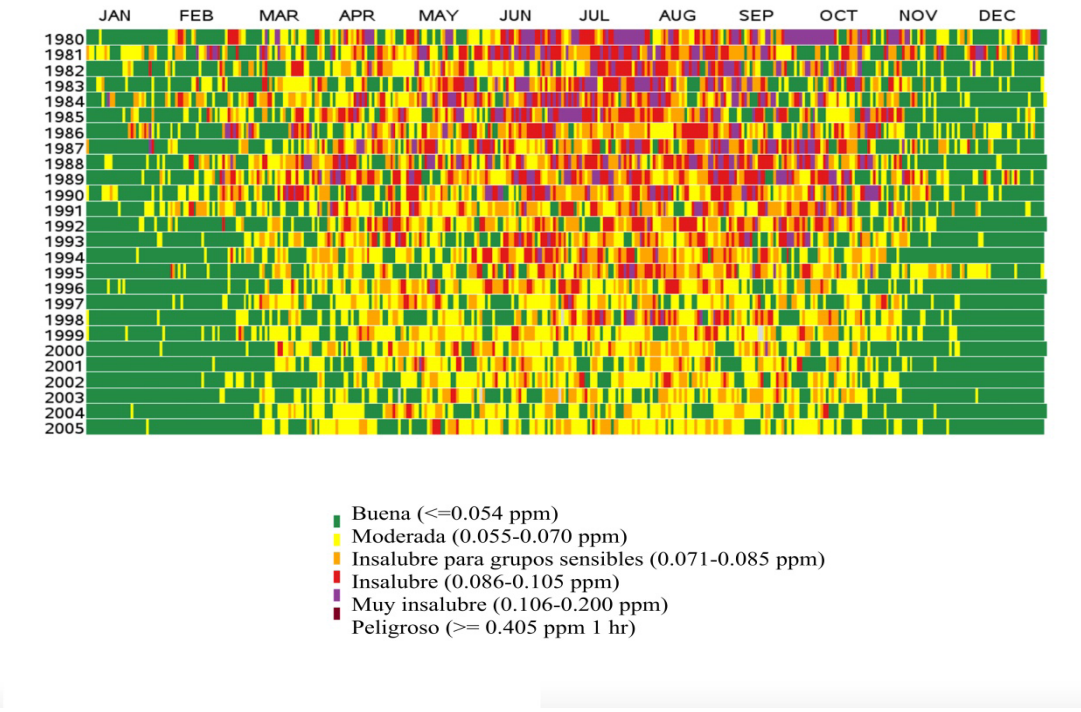


Figura 5. Índice de calidad del aire para ozono en San Diego, CA, 1980-2005 Fuente: U.S. EPA AirData https://www.epa.gov/air-data Generado el 13 de Julio de 2020.

Adicionales problemas ambientales en la CRT se dan en la forma de una deteriorada calidad del aire. En las Figuras 5 y 6, se muestran los índices de calidad del aire para dos contaminantes criterios que en el pasado han excedido los límites máximos permisibles en la ciudad de San Diego CA: ozono y PM_{10}. Se permite tomar esta ciudad como referencia dado que comparte la misma cuenca atmosférica con Tijuana, y su estado se puede extrapolar como indicador de la calidad del aire en la CRT.

Otro impacto relevante y muy relacionado a la calidad del aire son los incendios periódicos propios del clima mediterráneo de la región, fenómeno que se ha visto aumentado por la quema en basureros (de 2010 a 2015, la generación de residuos sólidos urbanos alcanzó un promedio quinquenal de 28.5 miles de toneladas en la CRT de acuerdo a los Anuarios Estadístico y Geográfico de Baja California de los años correspondientes), las descargas eléctricas, las colillas de cigarros activos y las fogatas. En la Figura 7 se ilustra la extensión del área siniestrada por los incendios en la CRT durante los últimos 16 años. Se añade que más del 90 % de los incendios se presentan al este de la CRT, en el municipio de Tecate; y que los fuegos acontecen primordialmente en zonas cubiertas de arbustos y matorrales.

Por su parte, las condiciones de cambio climático aumentarán la sensibilidad climática ya existente en la CRT, y no sólo en términos biofísicos tales como sequía, escasez hídrica e incendios. Los impactos se pueden extender a otras esferas; en términos del ámbito económico, las afectaciones podrían alterar las actividades desarrolladas dentro de la CRT (ver Cuadro 2), que conforman 49.7 % del PIB estatal. Tijuana es actualmente el municipio con mayor aporte al PIB estatal con un 46.6%, mientras que Tecate aporta 3.1%. Dentro de la cuenca se asientan 51 % de las unidades económicas del Estado mismas que dan trabajo a 57.7 % del personal ocupado renumerado y generan 55.8 % y 59 % de la producción bruta total y remuneraciones de Baja California.

Por otro lado, la sensibilidad climática social aquí se entendió como la vulnerabilidad de la población ante embates climáticos, es decir, las personas que no tendrían los medios de afrontar daños y perjuicios a su persona ante eventos hidro-meteorológicos extremos.

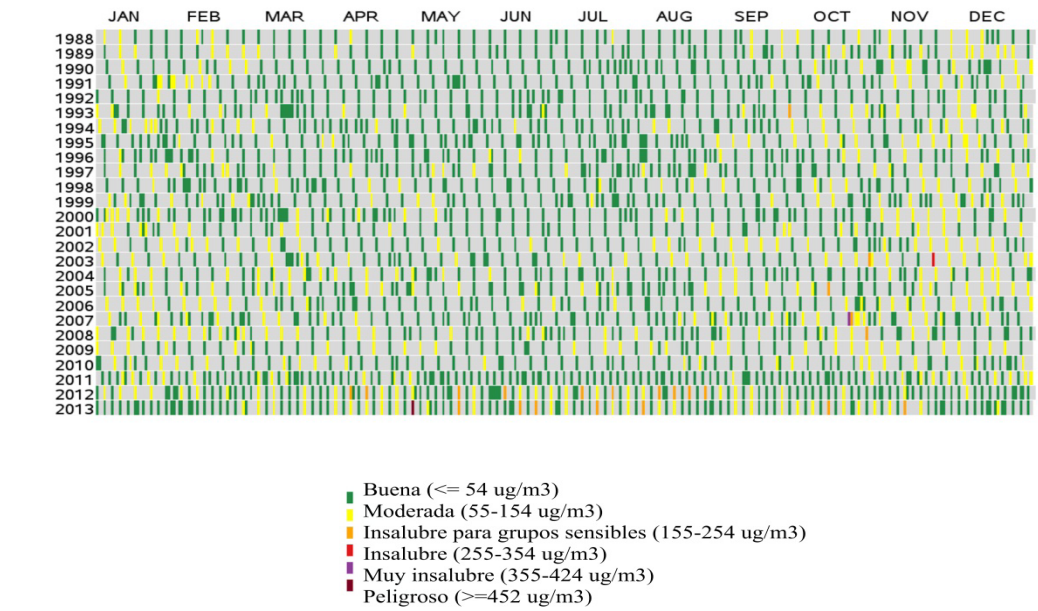


Figura 6. Índice de calidad del aire para PM_{10} en San Diego, CA. 1980-2005. Fuente: U.S. EPA AirData https://www.epa.gov/air-data Generado el 13 de Julio de 2020.

Como medida de la vulnerabilidad social se tomó el porcentaje de población con carencias sociales (ver Cuadro 3) para la zona metropolitana de Tijuana (ZMT) al 2010; misma que esta está conformada por tres municipios: Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito. Se estimó que 30 % de la población en la ZMT (600,00 habitantes) son pobres y 3.5 % (70,000) se encuentra en pobreza extrema.

Hasta este punto la sección da cuenta de la magnitud de demanda, emisiones y vulnerabilidad asociadas a la urbanización en la CRT; ahora bien, ¿es esta magnitud grande o pequeña? A fin de tener un punto de comparación se recurrió al contraste con otra ciudad bajo condiciones similares de desarrollo: Monterrey, Nuevo León, otra entidad de la Frontera Norte de México; esta región se define como el conjunto de seis entidades colindantes con los Estados Unidos de Norteamérica: Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

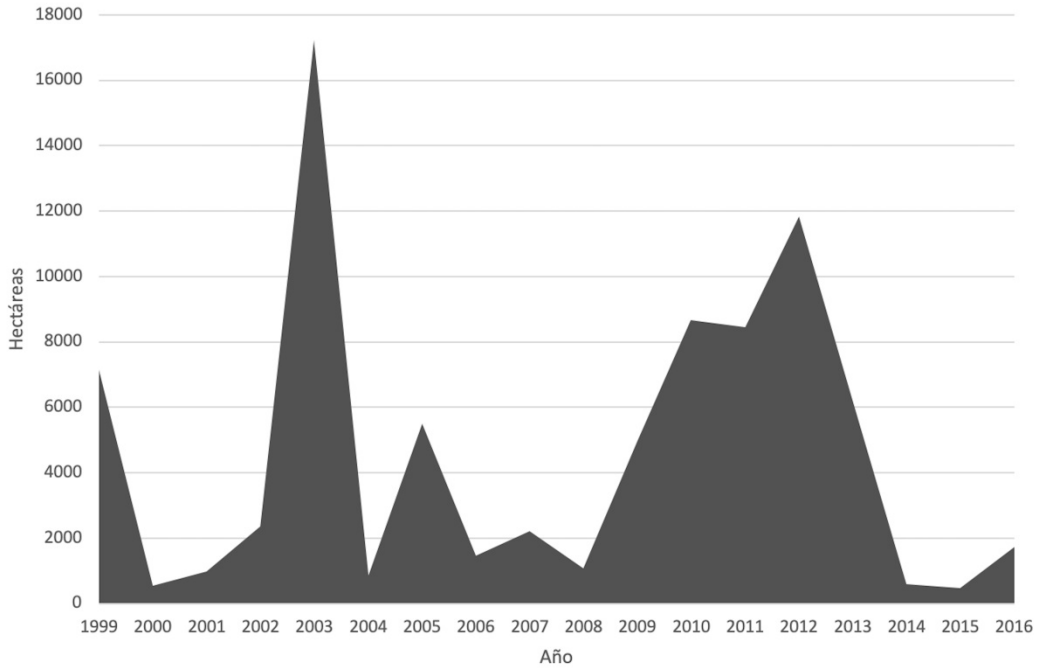


Figura 7. Total de área siniestrada (hectáreas) en la CRT. Fuente: Elaboración propia usando datos de los anuarios estadísticos y geográficos de Baja California, INEGI 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

Cuadro 2. Análisis Económico de la CRT al 2013

Municipio	Unidades económicas	Personal ocupado remunerado dependiente de la razón social	Remuneraciones (Miles de pesos)	Producción bruta total
Tecate	3,092	19,531	1,659	11,655
Tijuana	46,104	375,318	33,185	86,677
Total	49,196	394,849	34,844	98,332

Fuente: Anuario Estadístico de Baja California (2017) del INEGI.

La región ha sufrido un "desgarramiento" del resto del país, y se ha integrado a la economía estadounidense vía el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), esto la ha convertido en una región ganadora (Benko y Lipietz, 1994) conectada a la economía mundial por medio de las exportaciones (Merchand-Rojas, 2014).

En el Cuadro 4 se listan las variables independientes para clasificar las ciudades de Tijuana y Monterrey; y así de acuerdo a la tipología de Saldivar-Sali (2010) asignar valores a las variables

independientes, mismas que se comparan en el Figura 8. Como se nota en el Cuadro 4, las dos ciudades tienen similitudes, comparten el clima semi-árido, la dispersión poblacional y altos índices de desarrollo humano, lo que está relacionado con su carácter de región ganadora.

Cuadro 3. Porcentaje de población según carencias sociales para la zona metropolitana de Tijuana, 2010

Rezago educativo	Carencia por acceso a:				Carencia por calidad y espacios de la vivienda
	los servicios de salud	la seguridad social	los servicios básicos en la vivienda	La alimentación	
17.1	40.1	56.1	10.6	3.6	15.9

Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), 2014.

Por otro lado, entre las diferencias resalta el mayor PIB/cápita de Monterrey, esto indica un mejor desempeño económico y social en términos de desarrollo y fuerza laboral. Más como lo muestra la Figura 8, en la ciudad de Monterrey se ha recurrido a un alto consumo de energía, en particular combustibles fósiles y agua para alcanzar un mejor desempeño. Tijuana, por su parte, parece consumir menos agua para una población más numerosa y depender de flujos de materiales fuera de su territorio para consumo doméstico.

Cuadro 4. Variables independientes para Tijuana y Monterrey

	Población, 2010	PIB/cápita (USD 2012)	Densidad poblacional, km^2; 2010	Clima	Índice de desarrollo humano, 2012
Tijuana	15,596,883	10,119	1354	BSk	0.76
Monterrey	1,135,550	17,661	1171	BSh	0.79

Fuente: Elaboración propia

Este ejercicio comparativo deja entrever que ciudades importantes en una región “ganadora”, de acuerdo a los modelos económicos del siglo XX y aún vigentes a la fecha, tienen un impacto ambiental grande, al hacer un uso no óptimo de los recursos naturales, en particular del agua; pero más allá del consumo está el destino de las aguas residuales generadas y el impacto que estas tiene sobre la salud humana y del ecosistema.

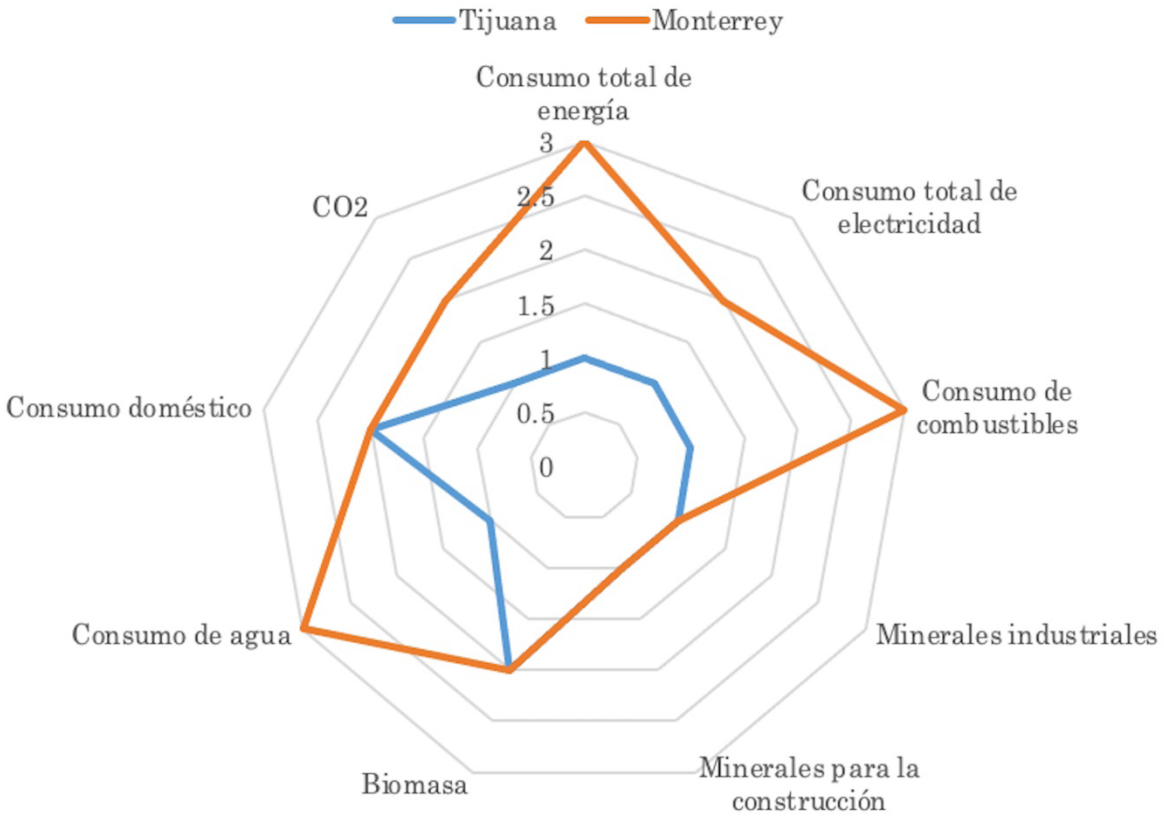


Figura 8. Comportamiento de variables dependientes para Tijuana y Monterrey. Fuente: Elaboración propia usando la tipología de Saldivar-Sali (2010).

2. Conclusiones

En este escrito se propuso definir el término "habitabilidad regional" y se mostró una forma de dimensionarla a fin de describir la manera en que una región se ha degradado en términos biofísicos, y cuya evidencia se demuestra en medidas de cambio de uso de suelo, escasez de agua, calidad del aire e incidencia de incendios; degradación cuyo origen se identifica en el acelerado crecimiento urbano asociado al modelo de desarrollo imperante en la región, este no ha sido sustentable, ni ambiental ni socialmente. El rápido crecimiento urbano ha demandado vorazmente de materiales y energía, y cuyo apetito como el mítico Eresictón de Tesalia no parece moderarse y amenaza con engullir a sus habitantes.

Si esto no merece ser considerado una emergencia ambiental entonces reconsidérese la situación hídrica de la CRT que a esta altura se vislumbra insostenible, basta echar un vistazo a la cantidad masiva de energía eléctrica necesaria para bombear agua a una región sedienta venciendo

una altura de mil metros y transportando el vital líquido por más de 140 kilómetros; región que depende casi exclusivamente de tales transferencias de agua provenientes de una fuente que bajo condiciones de cambio climático podría ver reducido su caudal. Agua energéticamente costosa que se usa una vez; se contamina y se arroja al Río Tijuana o a la costa del Pacífico.

Empero, una emergencia demanda de acciones y sin duda existen precedentes de esfuerzos por recuperar el medio ambiente y de alguna manera restituir en parte la habitabilidad regional, aunque no se considere así. Instrumentos de política pública nacionales y binacionales han estado presentes y se piensa que de no haber existido la región sería un "*pollution haven*". Recientemente y ya bajo encierro por la pandemia del SARS-CoV-2, en el gobierno estatal se dieron a la tarea de revisar contratos de grandes usuarios de agua encontrando toda una serie de irregularidades, en contrato de toma, uso y descarga. La cruzada de organización por dos semanas ha reducido significativamente los cauces de aguas residuales tratados o crudas al Río Tijuana, así como la contaminación que se descargaba en las playas de Imperial Beach CA. Se espera que el ejercicio trascienda y se transforme en un plan de desarrollo urbano moderado que involucre a los actores responsables, autoridades y población, y que empuje ese desarrollo hacia un camino sustentable y resiliente.

Las proyecciones de cambio climático en la región estiman reducción de precipitación y aumento de temperatura; al momento no existen estrategias para enfrentar esos potenciales cambios; ni intervenciones para aumentar la resiliencia de la ciudad no sólo ante un futuro bastante probable de escasez hídrica tampoco ante inundaciones. Haciendo justicia se debe mencionar que existe un plan de adaptación al Cambio Climático a nivel estatal (Secretaría de Protección al Ambiente [SPA], 2012) donde se listan un par de medidas tangenciales que podría enfrentar el impacto de variabilidad climática, en particular inundaciones: 1) creación de drenaje pluvial y pavimentación hidráulica y 2) instauración de un fondo permanente para limpieza de cajones desarenadores, sedimentadores y drenajes pluviales. Y también se cuenta con un atlas de riesgo para el municipio de Tijuana donde se consideran escenarios de variaciones climáticas (Ayuntamiento de Tijuana, 2014).

Si bien se han encontrado algunas piezas claves que podría formar parte de ese primer plan reorganizador ¿sentarán el inicio de un proceso que lleve a restituir la habitabilidad regional? La respuesta se aventura intrincada y compleja; dado que resarcir la magnitud de los impactos existentes y futuros entre los cuales se incluyen los asociados a las variaciones climáticas, se antoja una tarea titánica y constante. Sin embargo, hay que pensar que nuevos estados de habitabilidad regional podrían alcanzarse de la estabilidad del sistema ecológico y social de la CRT a diversos puntos dados.

Referencias

Abou-Abdo, B. T., Davis, N. R., Noiva, K., Krones, J. S. & Fernández, J. E. (2011). *Dynamic modeling of Singapore's urban resource flows: Historical trends and sustainable scenario development*. Paper presented at the 2011 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST), Chicago, IL, USA. doi: 10.1109/ISSST.2011.5936851

Ayuntamiento de Tijuana (2014). *Atlas de Riesgo del Municipio de Tijuana*. Tijuana, B.C.

Benko, G. y Lipietz, A. (1994). *Las regiones que ganan. Distritos y redes. Los nuevos paradigmas de la geografía económica*. Valencia, Institución Alfonso el Magnánimo.

Bringas, N. & Sánchez, R. (2006). Social vulnerability and disaster risk in Tijuana: preliminary findings. En J. Clough-Riquelme y N. Bringas (Eds.), *Equidity and sustainable development. Reflexions from the U.S.-México border* (pp. 149-173). San Diego, CA; Estados Unidos. University of California.

CEABC (2016). *Informe Mensual Junio 2016. Indicadores de Gestión*. Gobierno del Estado de Baja California, Mexicali.

Chetty S. (1996). The Case Study Method for Research in Small-Medium-Sized Firms. International Small Business Jurnal, 15(1), 73:85. doi: 10.1177/0266242696151005.

Cockell, C. S., Bush, T., Bryce, C., Direito, S., Fox-Powell, M., Harrison, J. P.,…Zorzano, M. P. (2016). Habitability: A review. *Astrobiology, 16*(1), 89-117. http://doi.org/10.1089/ast.2015.1295.

CONEVAL (2014). *Pobreza urbana y de las zonas metropolitanas en México*. México, DF: CONEVAL, 2014. Recuperado de

http://www.coneval.org.mx/Informes/Coordinacion/Publicaciones%20oficiales/MEDICION_MULTIDIMENSIONAL_SEGUNDA_EDICION.pdf

Cuvelier-García, M., Aguirre-Escárcega, F. E. y Téllez-García, M. I. (2018). *Habitabilidad, Sustentabilidad y Espacio. Teoría y Diseño del Interiorismo.* Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Das, T., Dettinger, M. & Cayan, D. R. (2010). *Potential impacts of global climate change on Tijuana River Watershed hydrology - An initial analysis.* A report submitted to Sustainability Solutions Institute, University of California San Diego. Recuperado de http://escholarship.org/uc/item/5zw3z33w

Domagal-Goldman, S. D., Wright, E., Adamala, K., Arina de la Rubia, L., Bond, J., Dartnell, L. R.,…Wong, T. (2016). The Astrobiology Primer v2.0. Astrobiology, 16(8), 561-653. doi: 10.1089/ast.2015.1460.

Eaton-Gonzalez, R., & Mellink, E. (2015). One Shared Region and Two Different Change Patterns: Land Use Change in the Binational Californian Mediterranean Region. *Land, 4*(4), 1138-1154.

Garfias-Molgado A. y Gúzman-Ramírez A. (2017). Metodología para el análisis de la habitabilidad urbana. *Arquitectura y Urbanismo*. 39(1), 75-87, ISSN 1815-5898.

Garfias-Molgado A. y Araujo-Giles H. (2015). Análisis Metodológico para el Estudio de la Habitabilidad Urbana. Desde la Concepción de las "Ciudades Humanas". *Legado de Arquitectura y Diseño. 10*(18), 45-56. Recuperado de https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/14764

Gobierno de México (2018). *Programa Frontera 2020*. 15/04/2020. Recuperado de https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-frontera-2020

Hoehler T. M. (2007). An Energy Balance Concept for Habitability. *Astrobiology, 7*(6), 824-838. https://doi: 10.1089/ast.2006.0095.

INEGI (1984 – 2017 Anual). *Anuario estadístico y geográfico de Baja California*. México. INEGI.

INEGI (1950 – 2010 Decadal). Censo de Población y Vivienda 2010, Aguascalientes, México, INEGI, Recuperado de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/cpvsh/

Javaux, E. J., & Dehant, V. (2010). Habitability: from stars to cells. The Astronomy and Astrophysics Review, 18(3), 383-416.

Mahdavi A. (1998). Steps to a General Theory of Habitability. Research in Human Ecology. 5(1), 23-30.

Mendez, A., Schulze-Makuch, D., Nery, G., Rivera-Valentin, E. G., Davila, A., Ramirez, R.,...Estevez-Mesa, N. (2018, March). A General Mass-Energy Habitability Model. In *Lunar and Planetary Science Conference* (No. 2083, p. 2511).

Mendoza, G., Acosta G. y Vázquez S. (2009). Estudio para la identificación de la microzonación sísmica en la colonia "Ampliación ejido plan libertador". México: GobBC.

Merchand-Rojas M. A. (2014). El inalcanzable desarrollo regional y sustentable en México. Edición Kindle. Guadalajara, Jalisco. Editorial Universitaria: Universidad de Guadalajara. Pp. 209.

Minute 320 Binational Technical Team (2017). Report of Transboundary Bypass Flows into the Tijuana River. International Boundary and Water Commission United States and Mexico. Final Report. Recuperado de https://www.ibwc.gov/Files/Report_Trans_Bypass_Flows_Tijuana_033117.pdf

Mues-Zepeda, A. M. (2011). Habitabilidad y Desarrollo Urbano Sostenible (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Atizapán de Zaragoza, Edo. Méx., México.

Muñoz-Meléndez, G. (2020). Capítulo 6. El vínculo agua-energía-desarrollo urbano en ciudades de la Frontera norte. En Aguilar Benítez I., (coord.), Gestión del Agua en México: Casos de Estudio en Torno a la Gobernanza y la Sustentabilidad (pp. 216-245). Tijuana, B.C. El Colegio de la Frontera Norte.

Ochoa, Y. y Ojeda Revah, L. (2017). Conservación de vegetación para reducir riesgos hidrometereológicos en una metrópoli Mexicana. Estudios Fronterizos, Universidad Autónoma de Baja California (18) 35, 47-69. doi.org/10.21670/ref.2017.35.a03.

Organización de las Naciones Unidas-Hábitat, (2010). Indicadores Urbanos Globales Database 2010. Recuperado de https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/global_urban_indicators.pdf

Saldivar-Sali, A. N. D. (2010). A Global Typology of Cities: Classification Tree Analysis of Urban Resource Consumption (Thesis Department of Architecture), Massachusetts Institute of Technology. Boston.

SDSU (2005). Atlas de la Cuenca del Río Tijuana. San Diego State University.

Sedesol (2013). Unidad de Microrregiones. Cédulas de Información Municipal (SCIM). Recuperado de http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=02&mun=004

Shock, E. L. & Holland, M. E. (2007). Quantitative habitability. Astrobiology 7:839–851.

SPA (2012). Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático. Gobierno del Estado de Baja California. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología.

U.S. Fish and Wildlife (1980). Habitat Evaluation Procedures. Washington D.C. Recuperado de https://www.fws.gov/policy/ESMindex.html

Wolman A. (1965). The metabolism of cities. Scientific American, (213) 3, 179–190.

Wright, R. D. (2005a). Ubicación. En Atlas de la Cuenca del Río Tijuana. San Diego State University Press and Institute for Regional Studies of the Californias, San Diego, p. 16

Wright, R. D. (2005b). 13. Hidrografía. En Atlas de la Cuenca del Río Tijuana. San Diego State University Press and Institute for Regional Studies of the Californias, San Diego, p. 37.

CAPITULO 11

LAS ESPECIES ENDÉMICAS DE LAGARTIJAS DE MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Méndez F.[1], Fierro N.[2], Arenas D.[3] y Vera M.[4]

[1] Investigador Titular C. Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, A. P. 70515, C.P. 04510 Ciudad de México. faustor@ib.unam.mx

[2] Investigadora Posdoctoral. Laboratorio de Recursos Naturales, Unidad de Biotecnología y Prototipos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Estado de México, México. natalia_fierro@hotmail.com

[3] Profesor Asociado A. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. C.P. 66450, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. diego.arenasm@uanl.edu.mx

[4] Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, A.P. 70-153, C.P. 04510 Ciudad de México. mirnacrizel@gmail.com

Resumen

El cambio climático es uno de los factores que ha provocado que la biota se enfrente a la sexta extinción masiva del planeta. Algunos de los organismos más sensibles son los ectotermos, por depender del calor ambiental, siendo los endémicos o microendémicos quienes pueden tener mayor riesgo debido a la limitada distribución que presentan. México tiene una gran riqueza de reptiles; más de la mitad de ellos son endémicos, esto quiere decir, que solamente se encuentran dentro del territorio mexicano. En este capítulo, analizamos la vulnerabilidad que presentan diversas lagartijas ante el cambio climático. La migración e invasión a nuevos hábitats, es un proceso forzado por las altas temperaturas, que lleva a las poblaciones a invadir nuevos ambientes, con la consiguiente competencia y desplazamiento de otras especies. La adaptación por aclimatación refleja la capacidad que presentan los reptiles para ajustar sus límites térmicos, los cuales parecen ser más favorecidos hacia las temperaturas bajas. Las evidencias no favorecen la posibilidad de sobrevivir al aumento de temperaturas, aunque sí posibilitan la colonización de sitios más elevados. Los riesgos y oportunidades que enfrentan los organismos endémicos son medidas emergentes, que en algunos casos los están conduciendo a la extinción.

Palabras clave: Adaptación; desempeño; extinción; horas de restricción; patrones de actividad.

Abstract

Climate change is one of the main factors that has caused the sixth mass global extinction. Some of the most sensitive organisms are ectotherms, due to their dependence on environmental heat, therefore the endemic or microendemic organisms may have a higher risk due to their limited distribution. Mexico is privileged for having a great diversity of reptiles, more than half of them are endemic, that is, they are only found within Mexican territory. In this chapter, we analyze the vulnerability of several lizards that present in the face of climate change. Migration and invasion to new habitats is a process forced by high temperatures, which leads populations to invade new environments, with the consequent competition and displacement of other species. Acclimatization adaptation reflects the ability of reptiles to adjust their thermal limits, which seem to be more favored towards low temperatures. On the other hand, the evidence does not favor the possibility of facing the increase in temperatures, although they do facilitate the colonization of higher

sites. The risks and opportunities facing endemic organisms are emergent possibilities, which in some cases are leading some reptiles to extinction.

Key words: Activity patterns; adaptation; extinction; hours of restriction; performance.

Abreviaturas: Temperatura corporal en campo (T_b**; por su nombre en inglés, body temperature**); temperatura corporal seleccionada en gradiente térmico (T_{sel}); temperatura corporal óptima (T_{opt}); temperaturas críticas corporales mínimas (CT_{min}); temperaturas críticas corporales máximas (CT_{max}); temperaturas operativas (T_e**; por su nombre en inglés, environmental operative temperature, temperaturas que el ambiente le ofrece a los organismos en sus sitios de percha**); curvas de desempeño térmico o por siglas en inglés = Thermal Performance Curve (***TPC***).

Introducción

A nivel mundial existen más de 9834 especies de reptiles, de los cuales México cuenta actualmente con 864 y 57 % de ellas (493 especies) son endémicas (Flores y García, 2014). México es un país en donde han existido las condiciones (biogeográficas, climáticas, orográficas, geológicas etc.) para que los reptiles hayan explotado una diversidad de condiciones organísmicas y ecológicas que permitieron la diversificación de estos vertebrados (Wilson & Johnson, 2010).

Se pueden considerar dos tipos de endemismos, aquellas especies que presentan una distribución amplia (más de 50,000 km^2) y las que presentan una distribución muy restringida (Terborgh & Winter, 1983), con menos de 50,000 km^2. Dentro de estas últimas se ubican la mayoría de las especies recién descritas, y con mayor susceptibilidad de extinción debido a diversas situaciones. El cambio climático ha sido un tema relevante por tener consecuencias de todo tipo en el planeta como son: aumento en el nivel del mar, incendios, nevadas, enfermedades emergentes y huracanes más frecuentes al igual que más intensos, entre otros (Pereira et al., 2010). Una de las consecuencias graves del incremento de la temperatura, es la extirpación o extinción a tasas aceleradas de diversos organismos, desde plantas hasta mamíferos. Las alteraciones al clima y el uso de la tierra son dos de las principales consecuencias producidas por la humanidad (Hansen et al., 2001). Se ha calculado que, sólo en los últimos 30 años, el cambio climático ha provocado en gran medida modificaciones en las interacciones ecológicas, trayendo como consecuencia, alteraciones en la abundancia, comportamiento, fenología e incluso extinciones de algunas especies en todo el mundo (Thomas et al., 2004; Vicenzi, Corbalán, Miles, Sinervo, & Ibargüengoytía, 2017). La mayor preocupación es que los pronósticos indican que debido al aumento de la temperatura ambiental, hasta un 37 % de todas las especies del mundo podrían extinguirse para el año 2050 (Thomas et al., 2004).

En los reptiles, dada su estrecha dependencia a la T_e, el aumento de la temperatura los hace más vulnerables ante el cambio climático (Deutsch et al., 2008; Vicenzi et al., 2017). En específico, para las lagartijas se estima que hasta el 39 % de las poblaciones de todo el mundo podrían extinguirse debido a un déficit en el número de horas disponibles para la termorregulación (Sinervo et al., 2010).

Las lagartijas, al igual que todos los reptiles dependen de las T_e para termorregular, y con esto, realizar sus procesos fisiológicos básicos (Blouin-Demers & Nadeau, 2005; Castellini, 2009; Dubois, Blouin-Demers, Shipley, & Thomas, 2009; Hertz, Huey, & Stevenson, 1993; Huey & Slatkin, 1976). Por lo que, la T_e restringe el número total de horas al día en las cuales los organismos pueden presentar actividad (Huey & Slatkin, 1976; Labra, Vidal, Solís, & Penna, 2008), lo que pone en riesgo su persistencia (Sinervo et al., 2010).

Los requerimientos fisiológicos de cada especie delimitan el intervalo de temperaturas en las cuales dicha especie puede presentar actividad, cuando las T_e exceden dicho intervalo los organismos pueden morir por sobrecalentamiento (Sinervo et al., 2010). Para evadir las altas T_e los individuos buscan refugios térmicos, los cuales se caracterizan por mantener temperaturas inferiores a las del resto del ambiente (Sinervo et al., 2010, 2017, 2018). Por lo tanto, la T_e obliga a los organismos a permanecer ocultos en sus refugios (horas de restricción; Figura. 1), y les impide realizar las actividades indispensables como el forrajeo o el cortejo. Las limitaciones mencionadas pueden provocar primeramente la disminución en el aporte energético, el cual puede llegar a ser insuficiente para cubrir el costo de crecimiento y reproducción, produciendo la disminución poblacional, extinción local e incluso extinción de las especies (Sinervo et al., 2010, 2018; Vicenzi et al., 2017).

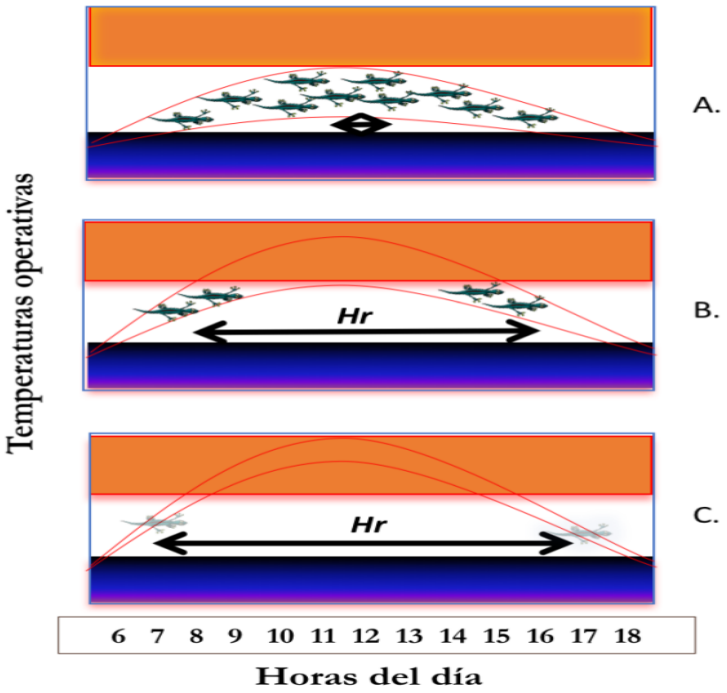


Figura. 1. Las T_e (líneas rojas) rigen la actividad de las lagartijas. (A) Cuando se incrementan las T_e se restringe (línea negra con flechas) la actividad durante las horas más cálidas del medio día (B) y si continúa el incremento de temperaturas proviene el colapso de la población por el incremento en las horas de restricción (línea negra con flechas; C). **Fuente:** Elaboración propia.

1. Opciones de los reptiles ante el cambio climático

Existen diversas respuestas por parte de los reptiles ante los efectos del cambio climático: **migrar** (Modificando su distribución actual a ambientes térmicos más favorables), **adaptarse** al nuevo clima local (ambientación), **cambiar horarios de actividad** o desapareciendo poblaciones e incluso llegando a la extinción de especies. Enseguida trataremos cada uno de estos casos.

Migración

La capacidad de las lagartijas a **migrar** es bastante reducida (Deutsch et al., 2008). Sin embargo, en algunas de ellas ya se han observado cambios altitudinales o latitudinales (Sinervo et al., 2010). Un ejemplo de la forma en que está actuando el cambio climático con lagartijas endémicas de amplia distribución lo ejemplifica la lagartija *Barisia imbricata,* en donde el cambio climático podría eliminar a las poblaciones de baja elevación y potenciar la capacidad de invadir sitios más elevados.

Con base en las T_b, las temperaturas críticas (CT_{min} y CT_{max}), las T_{sel} y el desempeño locomotor, *B. imbricata* podría presentar en un futuro un incremento de hasta 3.2 horas de restricción, en comparación con las condiciones actuales (Figura. 2). Lo cual puede provocar que las poblaciones que se localizan a menor altitud se vean seriamente afectadas por el aumento de temperatura. Alarmantemente, esta especie presenta hasta un 63 % de probabilidad de desaparecer en toda su distribución (Fierro-Estrada et al., en revisión).

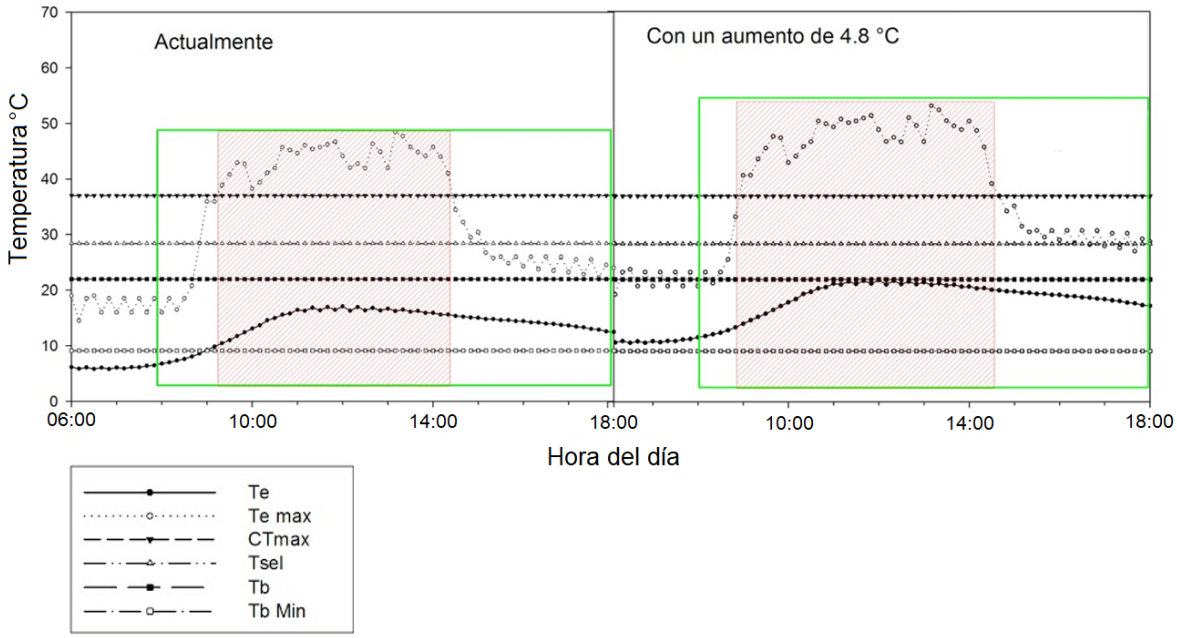


Figura. 2. Actualmente *B. imbricata* podría presentar horas de restricción al día. Si las temperaturas ambientales se elevan 4.8 °C, las horas de restricción aumentarán. Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas de los sistemas ecológicos al cambio climático son un reflejo de los organismos que los conforman, como consecuencia, la respuesta ante el cambio climático de cada organismo puede desencadenar una cascada de procesos ecológicos (Hansen et al., 2001). Aunado a esto, el cambio climático puede provocar cambios en los patrones de distribución de las especies (Ihlow et al., 2012). En años recientes, hemos observado poblaciones más abundantes de *B. imbricata* a los 4100 m, en el Nevado de Toluca, cuando hace 25 años los ejemplares en esta área eran escasos (obs. personal), por lo que esta especie podría invadir sitios aún más elevados y convertirse en una especie que compita con otras que se encuentren en dichos lugares.

Invasión de nuevos sitios

En general, la distribución de reptiles tiende a disminuir como consecuencia del cambio climático. No obstante, existen algunas especies de reptiles que logran extender su distribución a gran velocidad (Pitt, Vice, y Pitzler, 2005). A gran escala, la invasión de especies ha ido tomando fuerza como una de las mayores amenazas para la biodiversidad, la degradación del ecosistema, el deterioro de los servicios ecosistémicos y las implicaciones para el bienestar humano (Bellard et al., 2013; Pyšek & Richardson, 2010).

Las especies que están invadiendo nuevos hábitats, se caracterizan principalmente por ser consumidoras generalistas, presentar altas tasas de reproducción y crecimiento poblacional acelerado (Pitt et al., 2005). Dichas especies, también deben de presentar alta tolerancia fisiológica y plasticidad (Pyšek & Richardson, 2010). Específicamente en los reptiles, la plasticidad en la tolerancia térmica es un factor indispensable para que las especies invasoras logren colonizar nuevos hábitats (Romero-Báez, Santos-Bibiano, Domínguez-Godoy, Miles, & Muñoz-Nolasco, 2019). No obstante, el éxito de la invasión también depende de las cualidades del ecosistema (Pitt et al., 2005). Aparte de un clima y hábitat adecuado, los ecosistemas que presentan un número limitado de residentes tienen, por lo tanto, menor número de competidores y de depredadores potenciales, lo cual aumenta la probabilidad de una colonización exitosa (Pitt et al., 2005).

Una de las invasiones más exitosas de reptiles exóticos es el gecko casero asiático (*Hemidactylus frenatus*). Desde 1990 *H. frenatus* es el principal gecko no nativo introducido en todo el mundo, (Somaweera, 2020). Lo anterior, debido a su facilidad de cohabitar con humanos, tamaño corporal pequeño, hábitos mayormente nocturnos, huevos calcáreos y grandes densidades poblacionales (Somaweera, 2020). En México, se ha estudiado que *H. frenatus* presenta mayor rendimiento locomotor en un intervalo más amplio de temperaturas, en comparación con una de las especies con las que habita en simpatría *Phyllodactylus benedetti*, lo cual puede favorecer su colonización (Romero-Báez et al., 2020).

Por otra parte, también existen especies nativas de reptiles que están colonizando nuevos ambientes, como es el caso de algunas lagartijas de alta montaña. Se ha observado que especies generalistas térmicas de hábitats de menor altitud, se están desplazando a mayores altitudes en busca de nuevos hábitats con temperaturas más aptas (Ortega, Mencía, & Pérez-Mellado, 2016b; Sinervo et al., 2010). Por ejemplo, *Podarcis bocagei* que es una especie generalista térmica está extendiendo su intervalo altitudinal invadiendo a *Iberolacerta galini*, la cual es una lagartija especialista térmica (Ortega, Mencía, & Pérez-Mellado, 2016a). Los cambios en la distribución por

expansión de la distribución pueden ser altitudinales (*Liolaemus montanus*, Aparicio y Ocampo 2010) o latitudinales (*L. pictus*, Vera-Escalona, 2010).

Adaptación (ambientación)

Las lagartijas pueden disminuir el impacto de las altas temperaturas a través de cambios en la distribución, para lo cual, deben modificar sus tolerancias térmicas, ajustando la capacidad fisiológica para sobrevivir a entornos térmicamente inadecuados, mediante adaptación (Weeks & Espinoza, 2013). La aclimatación (condiciones controladas) y la ambientación (condiciones naturales), son ajustes fisiológicos reversibles, los cuales se dan en respuesta a la exposición de variables ambientales como la temperatura. La relación, entre una variable ambiental y la capacidad de un organismo para modificar la condición fisiológica, se conoce como "norma de reacción" y es la forma en la que se pueden evaluar las diferentes respuestas a cambios en el ambiente por parte de una especie a través de la plasticidad fenotípica de los individuos (Angilletta, 2006; Seebacher & Wilson, 2006).

Para evaluar la plasticidad de los organismos, se elaboran las TPCs las cuales miden la capacidad de una especie sobre algún rasgo fisiológico, influenciado por la temperatura dentro del desempeño (i.e. consumo de O_2, crecimiento, alimentación y velocidad de carrera, entre otros). El trazo de la curva (Figura. 3) está dispuesto dentro de las CT_{max} y CT_{min}, donde el crecimiento es mediado por el incremento de la T_b, hasta llegar a un punto donde el desempeño se maximiza, alcanzándose la T_{opt}. La forma y amplitud de las curvas pueden cambiar con el tiempo, mediante la evolución de respuestas adaptativas, o cambiar más rápidamente a través de la plasticidad (Angilletta, Hill, & Robson, 2002; Angilletta, Sears, & Pringle 2009).

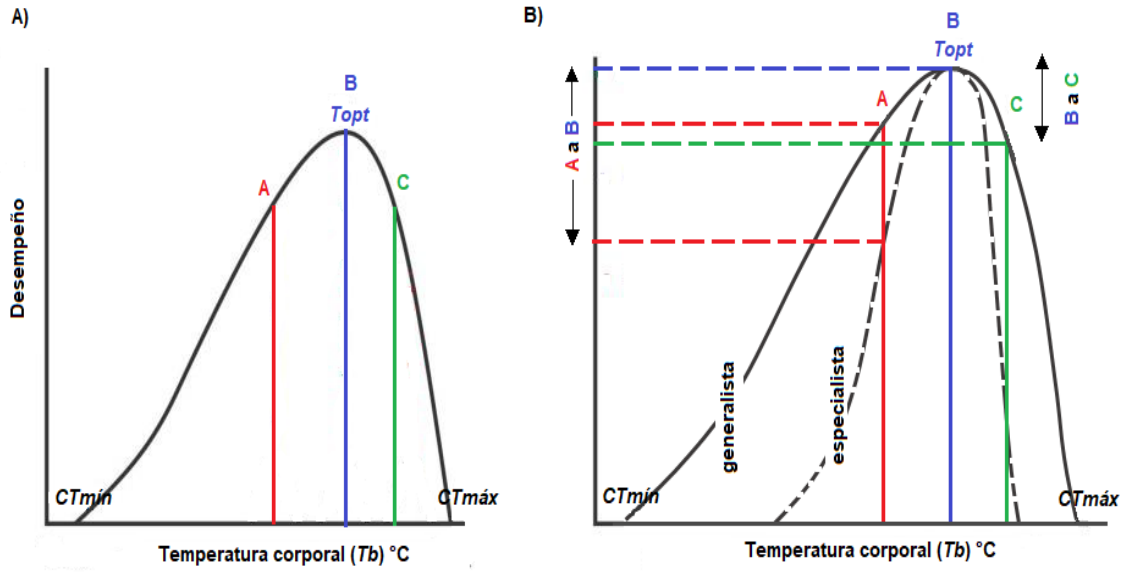


Figura. 3. A) Esquema de una TPC relativa para un ectotermo en función de su $T_{b,}$ los límites están representados por las CT_{max} y $CT_{min,}$ y la T_{opt} es el punto donde se alcanza el mayor desempeño. B) Con el calentamiento global la distribución de la T_b puede cambiar en un ectotermo especialista o generalista térmico, desplazando las CT_{max} y CT_{min}, modificando la $T_{opt,}$ y el desempeño. Fuente: Adaptado de Huey et al. (2012).

Ante el panorama de calentamiento global, se presentan alteraciones ambientales que pueden ser amortiguados por los cambios en el desempeño fisiológico. Una lenta evolución de los límites térmicos puede representar una fuerte restricción en la supervivencia de los reptiles. Se considera que las diferencias observadas en la tolerancia térmica hacia cambios latitudinales en la distribución de las especies son mayormente impulsadas por la exposición hacia el frío y que la tolerancia hacía temperaturas elevadas es menos variable conforme cambia la latitud. La exposición a temperaturas bajas puede disminuir la CT_{min}, modificando el rendimiento dentro de un tiempo más prolongado de exposición. En tanto, la exposición a temperaturas altas mejora el desempeño, donde existe una menor variación sobre la CT_{max} en taxones de ectotermos estrechamente relacionados (Gunderson & Stillman, 2015; Sunday et al., 2014).

Bajo esta idea será importante determinar si la aclimatación y ambientación pueden promover modificaciones, que resultan en ventajas selectivas en el desempeño al modificar los límites térmicos y desarrollar respuestas plásticas sobre la capacidad de un organismo para hacer frente a estos panoramas, disminuyendo su vulnerabilidad frente al calentamiento global (Bogert, 1949; Buckley & Huey, 2016). Algunos de los casos de estudio empleados para evaluar la plasticidad de un rasgo fisiológico frente la exposición de un ambiente experimental es mediante el ajuste de las horas

de actividad y la velocidad de carrera los cuales han mostrado ser uno de los rasgos que poseen una estrecha relación con él comportamiento termorregulador y el desempeño térmico.

En experimentos con una especie de amplia distribución (*Phrynosoma hernandesi*), un trasplante recíproco durante 7 días entre sitios de alta y baja elevación mostró que las lagartijas fueron capaces de ajustar el tiempo de exposición al sol, a través de cambios en el comportamiento termorregulador (Refsnider, Clifton & Vázquez, 2019). Siguiendo esta misma tendencia, en dos lagartijas endémicas para México *Sceloporus aeneus* y *S. bicanthalis* se han observado desplazamientos altitudinales de la especie de menor elevación (Figura. 4). Un experimento de ambientación a altas y bajas temperaturas durante 45 días mediante un trasplante recíproco dentro de un gradiente altitudinal permitió determinar la modificación de la velocidad de carrera en ambas especies evolutivamente cercanas, con características ecológicas y fenotípicas similares, pero que presentan modos de reproducción diferentes (Sinervo et al., 2010; Vera-Chávez et al., en proceso de publicación).

La especie vivípara *S. bicanthalis* que habita sitios elevados que van de los 3200 a 4500 msnm, incrementó su velocidad cuando fue expuesta a temperaturas cálidas a 2000 msnm, desplazando el valor de su T_{opt} sin modificar su CT_{min}. Mientras que, en la especie ovípara *S. aeneus* que se distribuye entre los 2000 a 3500 msnm, la exposición a temperaturas más frías disminuyó el valor de su CT_{min}, sin realizar un ajuste fisiológico en el desplazamiento de su T_{opt}, aumentando el valor de su velocidad promedio cuando fue expuesta a 4200 msnm (Vera-Chávez et al., en proceso de publicación).

Figura. 4. Hábitat de distribución de las lagartijas endémicas A) *S. aeneus* y B*) S. bicanthalis*. 1) hábitat de la especie ovípara en la localidad de San Simón de la Laguna en el Municipio de Donato Guerra en el Estado de México. 2) hábitat de la especie vivípara en la localidad Cima del Volcán Nevado de Toluca, en el Estado de México. Fuente: Elaboración propia.

No obstante, aunque estas adaptaciones fisiológicas se presentaron ante la exposición a temperaturas diferentes a las de su ambiente, en los reptiles es difícil observar modificaciones en la $CT_{max,}$ ya que, por su capacidad de termorregular, se considera que es un carácter fijo dentro de la filogenia limitado hacía modificaciones sobre la tolerancia máxima (Grigg & Buckley, 2013). Asimismo, existe poca evidencia que hable de la plasticidad hacía altas temperaturas y el desplazamiento de los límites térmicos máximos que acercan peligrosamente a la T_b a las temperaturas letales. Además, se ha mostrado que la exposición a altas temperaturas durante el desarrollo de las crías puede ser perjudicial e incluso deletéreo.

Esta exposición a la temperatura puede tener consecuencias en el comportamiento de las crías, ya que cuando estas fueron incubadas a temperaturas más altas resultaron ser más detectadas por los depredadores. Por lo tanto, el aumento de la velocidad fue un carácter que se seleccionó negativamente, ya que las crías no sobrevivieron (Parker & Andrews, 2007). Mientras que, los huevos incubados de hembras sometidas a condiciones de hipoxia (bajas concentraciones de oxígeno) en alta elevación, el tiempo de eclosión y el desarrollo embrionario no se vio afectado. Sin embargo, las hembras de bajas elevaciones podrían responder favorablemente a ambientes estresantes migrando hacia mayores altitudes (Xinghan et al., 2019).

2. Riesgos por tipo de hábitat y distribución restringida

Los reptiles microendémicos, al igual que otros ectotermos, dependen en gran medida del ambiente térmico para mantener su T_b dentro del intervalo de T_{sel}, y así realizar sus actividades biológicas fundamentales como alimentarse o reproducirse (Angilletta, Hill, & Robson, 2002; Seebacher & Franklin, 2005). Además, al mantener su T_b dentro de este intervalo térmico, el desempeño para casi cualquiera de sus actividades tiende a maximizarse; pero este desempeño decrece conforme su T_b se aleja de ese intervalo y se comienza a acercar a los límites de tolerancia al frío o al calor (Angilletta, 2006; Huey et al., 2009).

Además, se ha visto que los reptiles microendémicos, también pueden presentar diferentes estrategias de termorregulación conductual o pueden presentar ajustes a nivel fisiológico al modificar sus preferencias y/o tolerancias térmicas, de acuerdo con la temperatura del ambiente o del microambiente en el que habitan; al igual que otros reptiles de distribución más amplia (Van den Berg et al., 2015; Arenas-Moreno, Santos-Bibiano, Muñoz-Nolasco, Charruau, & Méndez-de-la-Cruz, 2018; Muñoz-Nolasco, comunicación personal). Por otro lado, en ambientes (o microambientes) en los que la temperatura es homogénea y poco variable, este tipo de organismos tienden al

termoconformismo, es decir, su T_b cambia de acuerdo con la temperatura ambiental (Hertz et al., 1993; Arenas-Moreno et al., 2018). En contraste, en ambientes (o microambientes) en los que la temperatura es heterogénea y altamente variable, tienden a la termorregulación activa, es decir, mantienen su T_b dentro de su intervalo de T_{sel} mediante ajustes conductuales (Angilletta et al., 2009; Monasterio, Salvador, Iraeta, & Díaz, 2009).

No obstante, la temperatura no es la única limitante para que un organismo seleccione o no un cierto tipo de microambiente, ya que, en reptiles de distribución restringida, la pérdida hídrica evaporativa también juega un papel importante para determinar si un organismo puede estar limitado a nivel microambiental (Muñoz-Nolasco et al., 2019). Por lo tanto, debido a las limitaciones térmica e hídricas, muchas de las especies de reptiles de distribución restringida, pudieran ser afectados de manera significativa ante cambios abruptos a nivel de microhábitat, como el cambio climático o a la fragmentación del hábitat (Muñoz-Nolasco et al., 2019; Muñoz-Nolasco, comunicación personal). Sin embargo, los riesgos que pueden presentar este tipo de especies desde el punto de vista ecofisiológico, pueden variar dependiendo de los tipos de microambientes en los cuales se distribuyan, ya sean ambientes homogéneos (poca variación) o heterogéneos (mucha variación) desde el punto de vista térmico e hídrico (Huey et al., 2009).

3. Cambio de horarios de actividad (ambientes homogéneos)

Las especies de ambientes homogéneos tienden a presentar requerimientos térmicos e hídricos muy específicos; por lo tanto, son muy vulnerables ante cualquier perturbación en sus hábitats, ya que pueden sobrecalentarse o deshidratarse fácilmente (Huey et al., 2009; Muñoz-Nolasco et al., 2019). No obstante, varias de estas especies tienen la capacidad de tener un horario de actividad muy flexible, incluso llegan al punto de ser catemerales (estar activas a cualquier hora del día); por lo tanto, pueden compensar la falta de actividad diurna por altas temperaturas, al estar activas durante la noche (Arenas-Moreno et al. 2018). Tal es el caso de la lagartija *Lepidophyma pajapanense* (Figura. 5), que se encuentra restringida a unas pequeñas áreas fragmentadas de bosque tropical perennifolio entre los estados de Veracruz y Oaxaca (Bezy & Camarillo 2002; Canseco-Márquez y Ramírez-González, 2015). Esta especie tiene la capacidad de estar activa de día o de noche, siempre y cuando la T_e esté cerca del intervalo de T_{sel} (Arenas-Moreno et al., 2018). Sin embargo, a pesar de tener la capacidad de cambiar de horario de actividad, esta especie es muy sensible a las altas temperaturas y a la pérdida de agua (Arenas-Moreno et al., 2018; Muñoz-Nolasco et al., 2019).

Figura. 5. *L. pajapanense* (izquierda) y su hábitat (derecha) en Los Tuxtlas, Veracruz. Fuente: Elaboración propia.

4. Cambio de horario de actividad (ambientes heterogéneos).

Un ejemplo que muestra que las lagartijas de microambientes heterogéneos tienen un futuro más alentador ante los efectos del cambio climático a corto plazo, son las lagartijas *Xantusia gilberti* y *X. sherbrookei* que habitan en unas áreas muy restringidas en Baja California Sur. *Xantusia gilberti* habita en un bosque templado en el punto más alto de la Sierra la Laguna, un área montañosa rodeada de zonas áridas y selvas secas, mientras que *X. sherbrookei*, está restringido a unos cuantos oasis en medio de matorrales xéricos en el centro de Baja California Sur (Grismer, 2002; Bezy, Bezy, & Bolles, 2008).

Parece ser que estas dos especies podrían no presentar efectos adversos debido al aumento en la temperatura por cambio climático de manera directa, e incluso, para el caso de *X. gilberti*, potencialmente el cambio climático podría beneficiarlo para el 2070. Sin embargo, para el caso de *X. sherbrookei*, las temperaturas diurnas podrían volverse muy altas en el futuro. No obstante, esta especie potencialmente podría compensar esto por medio del cambio en su horario de actividad, al estar activa durante la noche, ya que es algo muy común en otras especies con las cuales está emparentada (Arenas-Moreno et al., en prensa). Sin embargo, se debe considerar otro tipo de efectos indirectos, como la depauperación del microhábitat y de la vegetación, ya que estas especies viven en lugares con vegetación dispersa en pequeños parches (Arenas-Moreno et al., en prensa).

5. Extinción (ambientes heterogéneos)

En ambientes heterogéneos, los reptiles suelen exponerse o refugiarse de la radiación solar, seleccionar microhábitats particulares o cambiar su horario de actividad (Hertz et al., 1993). Por lo tanto, la actividad y movilidad de estos animales puede ser influenciada por la calidad térmica del hábitat y del microhábitat (Sinclair et al., 2004). Debido a esto, los reptiles microendémicos que

habitan lugares con mucha variación térmica e hídrica, tenderían a tolerar más las perturbaciones ambientales (Huey et al., 2009). Sin embargo, en lagartijas diurnas de este tipo de ambientes, se ha determinado que pueden tener muchas horas de restricción a futuro debido a los aumentos en la temperatura, por lo tanto, la termorregulación conductual puede llegar a ser poco efectiva para afrontar este tipo de cambios a corto plazo (Sinervo et al., 2010). Tal es el caso de la lagartija espinosa de Macdougall (*Sceloporus macdougalli*, Figura. 6), una especie microendémica, que se distribuye exclusivamente en dos pequeñas localidades cerca de las costas de Oaxaca (Mendoza-Quijano, Köhler & Smith, 2002). Su área de distribución tiene la peculiaridad ser un pequeño sitio dentro de una zona de bosque tropical caducifolio donde se encuentran unas rocas de granito gigantescas, donde la vegetación tiende a ser más exuberante y las temperaturas son más bajas en comparación con los sitios que no cuentan con esas rocas (Muñoz-Nolasco, comunicación personal). Además, parece ser que los ancestros de esta especie habitaban un área mucho más grande hace unos 4 millones de años, en plena edad de hielo, cuando las temperaturas en las costas de Oaxaca eran más bajas que en la actualidad (Martínez-Méndez, Mejía, Ortega, & Méndez-de la Cruz, 2019). Sin embargo, el clima comenzó a hacerse más cálido y *S. macdougalli* quedó atrapada en ese pequeño lugar, considerando que dicho sitio cuenta con temperaturas más bajas que el resto de las áreas circundantes. De hecho, la lagartija *S. aureolus*, que se distribuye en las partes altas del centro de Oaxaca, es uno de sus parientes más cercanos (Martínez-Méndez et al., 2019).

No obstante, aunque *S. macdougalli* ha podido ajustarse a los cambios climáticos a lo largo de casi 4 millones de años, actualmente tiene un alto riesgo de extinción para un futuro cercano, ya que para el año 2050, es muy probable que esta especie se extinga si no se toman medidas de conservación de forma adecuada (Muñoz-Nolasco et al. en prensa). Esto debido a que las horas de restricción en su pequeña área de distribución serían mayores a cuatro para la temporada de reproducción en el 2050; por lo tanto, es muy probable que esta especie se extinga en menos de 30 años (Muñoz-Nolasco, comunicación personal).

Figura. 6. A la izquierda una foto de un *S. macdougalli* macho (arriba) y una hembra (abajo). A la derecha se observa el hábitat en el que se distribuye esta especie. Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusión

La crisis que están sufriendo los reptiles ante la sexta extinción masiva del planeta nos indica que existe una emergencia por la inestabilidad del planeta. Las condiciones geográficas, geológicas y climáticas que presenta México lo han convertido en un escenario ideal para la diversificación de los reptiles. Desafortunadamente, muchas de las especies de reptiles son temidos y hasta sacrificados por la ignorancia humana, entre ellos los ánguidos. Los estudios en el presente capítulo muestran un poco de la gran diversidad que existe, no solo en las formas, sino en las diversas estrategias que presentan las lagartijas en los diferentes ambientes que habitan, pues si bien es cierto que la mayoría son diurnas y conspicuas, hay nocturnas y de hábitos reservados. Los estudios nos muestran que, en algunos casos, las serranías son refugios térmicos para los reptiles. La capacidad de adaptación está más inclinada a enfrentar ambientes más fríos, pero existe poca posibilidad de que puedan enfrentar exitosamente el aumento de temperaturas. Mientras que en algunos casos existen lagartijas que pueden ajustarse a cambios de actividad diurna a nocturna y catemeral, existen otras especies que están atrapadas climáticamente por la restringida distribución que presentan. La presencia de reptiles es fundamental para la estabilidad de los ecosistemas y de los recursos ambientales, a pesar de que su metabolismo es menor al de los endotermos (de siete a 10 veces; Else y Hubert, 1981; Buckley, Hurlbert y Jetz, 2012). No obstante, las diferencias son debidas a que los endotermos canalizan la mayor parte de la energía en la producción de calor metabólico, mientras que los ectotermos obtienen el calor del ambiente. Estas diferencias permiten a los reptiles mantener mayor cantidad de biomasa con menos recursos, en comparación con los mamíferos. Si se extinguieran los reptiles, la biomasa disponible sería mucho menor y el ambiente soportaría una menor cantidad de depredadores, depauperando significativamente la riqueza del planeta. Es evidente que la extinción de muchas de ellas se encuentra en proceso, y con ellas la estabilidad (y posiblemente la

permanencia) de cualquier ser vivo del planeta, incluyendo la raza humana. Por lo que urgen medidas que lleven a mejorar las condiciones de nuestro planeta.

7. Agradecimientos

Al programa de Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, al proyecto PAPIIT/DGAPA (IN210116 y IN212119), al CONACyT FOINS 208456, a Francisco Muñoz por apoyo técnico y al Laboratorio de herpetología II del Instituto de Biología, UNAM. Natalia Fierro-Estrada agradece la beca posdoctoral DGAPA de la UNAM brindada durante la realización de este escrito.

Referencias

Angilletta, M. J., (2006). Estimating and comparing thermal performance curves. *J Therm Biol*, *31*(7):541–5. doi.org/10.1016/j.jtherbio.2006.06.002

Angilletta, M. J., Hill, T., & Robson, M. A. (2002). Is physiological performance optimized by thermoregulatory behavior?: A case study of the eastern fence lizard, *Sceloporus undulatus. J Therm Biol, 27*(3):199–204. doi.org/10.1016/S0306-4565(01)00084-5

Angilletta, M. J., Sears, M. W., & Pringle, R. M. (2009). Spatial dynamics of nesting behavior: Lizards shift microhabitats to construct nests with beneficial thermal properties. *Ecology, 90*(10), 2933-2939. doi.org/10.1890/08-2224.1

Aparicio, J., y Ocampo Ballivian, O. M. (2010). Liolaemus grupo montanus Etheridge, 1995 (Iguania: Liolaemidae). *Cuadernos de herpetología, 24*.

Arenas-Moreno, D. M., Santos-Bibiano, R., Muñoz-Nolasco, F. J., Charruau, P., & Méndez-de-la-Cruz, F. R. (2018). Thermal ecology and activity patterns of six species of tropical night lizards (Squamata: Xantusiidae: *Lepidophyma*) from Mexico. *J Therm Biol*, *75*, 97–105. doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.06.001

Bellard, C., Thuiller, W., Leroy, B., Genovesi, P., Bakkenes, M., & Courchamp, F. (2013). Will climate change promote future invasions? *Global Change Biology*, *19*(12), 3740–3748. doi.org/10.1111/gcb.12344

Bezy, R. L., Bezy, K. B., y& Bolles, K. (2008). Two New Species of Night Lizards (*Xantusia*) from Mexico. *J Herpetol*, *42*, 680–688. doi.org/10.1670/07-219R1.1

Bezy, R. L., & Camarillo, J. L. (2002). Systematics of xantusiid lizards of the genus *Lepidophyma*. Natural history museum.

Blouin-Demers, G., y Nadeau, P. (2005). The Cost–Benefit Model of Thermoregulation Does Not Predict Lizard Thermoregulatory Behavior. *Ecology*, *86*(3), 560–566. doi.org/10.1890/04-1403

Bogert, C. M. (1949). Thermoregulation in Reptiles, A Factor in Evolution. *Evolution (N. Y.)*, *3*, 195–211. doi.org/10.2307/2405558

Buckley, L. B., & Huey, R. B. (2016). How extreme temperatures impact organisms and the evolution of their thermal tolerance. *Integr Comp Biol, 56*(1):98–109. doi.org/10.1093/icb/icw004

Buckley, L. B., Hurlbert, A. H., & Jetz, W. (2012). Broad-scale ecological implications of ectothermy and endothermy in changing environments. *Glob Ecol Biogeogr*, *21*(9), 873-885. doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00737.x

Canseco-Márquez, L., & Ramírez-Gonzalez, C. G. (2015). New herpetofaunal records for the state of Oaxaca, Mexico. *Mesoamerican Herpetology, 2*, 363-367.

Castellini, M. A. (2009). Thermoregulation. En *Encyclopedia of Marine Mammals* (pp. 1166–1171). Cambridge, E.U. Academic Press.

Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Huey, R. B., Sheldon, K. S., Ghalambor, C. K., Haak, D. C., & Martin, P. R. (2008). Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proc Natl Acad Sci*, *105*(18), 6668–6672. doi.org/10.1073/pnas.0709472105

Dubois, Y., Blouin-Demers, G., Shipley, B., & Thomas, D. (2009). Thermoregulation and habitat selection in wood turtles *Glyptemys insculpta*: Chasing the sun slowly. *Journal of Animal Ecology*, *78*, 1023–1032. doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01555.x

Else, P. L., y Hulbert, A. J. (1981). Comparison of the" mammal machine" and the" reptile machine": energy production. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, *240*(1), R3-R9. doi.10.1152/ajpregu.1981.240.1.R3

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. O. (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, *85*, 467-475.

Grismer, L. L. (2002). *Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortés*. Univ of California Press.

Grigg, J. W., & Buckley, L. B. (2013). Conservatism of lizard thermal tolerances and body temperatures across evolutionary history and geography. *Biology letters, 9*(2), 20121056. doi.org/10.1098/rsbl.2012.1056

Gunderson, A. R., & Stillman, J. H. (2015). Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. *Proc R Soc B Biol Sci*. *282*(1808). doi.org/10.1098/rspb.2015.0401

Hansen, A. J., Neilson, R. P., Dale, V. H., Flather, C. H., Iverson, L. R., Currie, D. J., … Bartlein, P. J. (2001). Global Change in Forests: Responses of Species, Communities, and Biomes. *BioScience*, *51*(9), 765–779. doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051

Hertz, P. E., Huey, R. B., & Stevenson, R. D. (1993). Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: The fallacy of the inappropriate question. *Am. Nat*. 142: 796–818. doi.org/10.1086/285573

Huey, R. B., y Slatkin, M. (1976). Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology*, 51(3), 363–384. doi.org/10.1086/409470

Huey, R. B., Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Vitt, L. J., Hertz, P. E., Álvarez-Pérez, H. J., & Garland Jr, T. (2009). Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 276: 1939–1948.

Huey, R. B., Kearney, M. R., Krockenberger, A., Holtum, J. A., Jess, M., & Williams, S. E. (2012). Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of behaviour, physiology and adaptation. Phil Trans R Soc B, *367*(1596): 1665-1679. doi.org/10.1098/rstb.2012.0005

Ihlow, F., Dambach, J., Engler, J. O., Flecks, M., Hartmann, T., Nekum, S., … Rödder, D. (2012). On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution. *Global Change Biology*, *18*(5), 1520–1530. doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02623.x

Labra, A., Vidal, M. A., Solís, R., y Penna, M., (2008). Ecofisiología de anfibios y reptiles. En M. A. Vidal & A. Labra, *Herpetología de Chile* (pp. 483–516). Springer Verlag.

Martínez-Méndez, N., Mejía, O., Ortega, J., & Méndez-de la Cruz, F. (2019). Climatic niche evolution in the viviparous *Sceloporus torquatus* group (Squamata: Phrynosomatidae). *PeerJ*, *6*, e6192. doi.org/10.7717/peerj.6192

Mendoza-Quijano, F., Köhler, G., & Smith, H. M. (2002). Extraordinary sexual dichromatism in *Sceloporus macdougalli* (Reptilia: Phrynosomatidae) in Oaxaca, Mexico. *Salamandra, 38*, 185–190.

Monasterio, C., Salvador, A., Iraeta, P., & Díaz, J. A. (2009). The effects of thermal biology and refuge availability on the restricted distribution of an alpine lizard. *Journal of Biogeography*, *36*(9), 1673-1684. doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02113.x

Muñoz-Nolasco, F. J., Arenas-Moreno, D. M., Santos-Bibiano, R., Bautista-del Moral, A., Gandarilla-Aizpuro F., J., Brindis-Badillo, D., A., & Méndez-de-la-Cruz, F. (2019). Evaporative water loss of some habitat-restricted Mexican lizard species. *Herpetological Conservation and Biology, 14*, 51–66.

Ortega, Z., Mencía, A., & Pérez-Mellado, V. (2016a). Are mountain habitats becoming more suitable for generalist than cold-adapted lizards thermoregulation? *PeerJ*, 1–17. doi.org/10.7717/PEERJ.2085

Ortega, Z., Mencía, A., & Pérez-Mellado, V. (2016b). Behavioral buffering of global warming in a cold-adapted lizard. *Ecology and Evolution*, *6*(13), 4582–4590. doi.org/10.1002/ece3.2216

Parker, S. L., & Andrews, R. M. (2007). Incubation temperature and phenotypic traits of Sceloporus undulatus: implications for the northern limits of distribution. *Oecologia, 151*(2), 218-231. doi.org/10.1007/s00442-006-0583-0

Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P., Fernandez-Manjarrés, J. F., ... Walpole, M. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, *330*(6010), 1496-1501. doi.org/110.1126/science.1196624

Pitt, W., Vice, D., & Pitzler, M. (2005). Challenges of Invasive Reptiles and Amphibians. En *Wildlife Damage Management Conferences.* D. L. Nolte & K. A. Fagerstone (Eds.), (pp. 112–119). University of Nebraska - Lincoln. E. U.

Pyšek, P., & Richardson, D. M. (2010). Invasive Species, Environmental Change and Management, and Health. *Annual Review of Environment and Resources*, *35*(1), 25–55. doi.org/10.1146/annurev-environ-033009-095548

Refsnider, J. M., Clifton, I. T., & Vázquez, T. K. (2019). Developmental plasticity of thermal ecology traits in reptiles: Trends, potential benefits, and research needs. *J Therm Biol*, *84*, 74-82. .. 74-82. doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.06.005

Romero-Báez, Ó., Santos-Bibiano, R., Domínguez-Godoy, M. A., Miles, D. B., & Muñoz-Nolasco, F. J. (2020). Thermal ecophysiology of a native and an invasive gecko species in a tropical dry forest of Mexico. *J Therm Biol*, *90*. doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102607

Seebacher, F., & Wilson, R. S. (2006). Fighting fit: Thermal plasticity of metabolic function and fighting success in the crayfish *Cherax destructor*. *Funct Ecol,* 1045-1053. doi.org/10.1111/j.1365-2435.2006.01194.x

Seebacher, F., & Franklin, C. E. (2005). Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. *J Comp Physiol B, 175*: 533–541.

Sinclair, E. A., Bezy, R. L., Bolles, K., Camarillo R., J. L., Crandall, K. A., & Sites, J. W. (2004). Testing Species Boundaries in an Ancient Species Complex with Deep Phylogeographic History: Genus *Xantusia* (Squamata: Xantusiidae). *Am. Nat*. *164*, 396–414. doi.org/10.1086/381404

Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., Cruz, M. V. S., … Sites, J. W. (2010). Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science 328*(5980), 894–899. doi.org/10.1126/science.1184695

Sinervo, B., Miles, D. B., Wu, Y., Méndez-de-la-Cruz, F. R., Kirchoff, S., & Qi, Y. (2018). Climate change, thermal niches, extinction risk and maternal-effect rescue of Toad-headed lizards, *Phrynocephalus*, in thermal extremes of the Arabian Peninsula to the Tibetan Plateau. *Integrative Zoology*, *13*, 450–470. doi.org/10.1111/1749-4877.12315

Sinervo, B., Resendiz, R. A. L., Miles, D. B., Lovich, J. E., Ennen, J. R., Muller, J., … Méndez-de-la-Cruz, F. R. (2017). Climate Change and Collapsing Thermal Niches of Mexican Endemic Reptiles. *EScolarship*, 21. https://escholarship.org/uc/item/4xk077hp

Somaweera, R. (2020). Historical context, current status and management priorities for introduced Asian house geckos at Ashmore Reef, north-western Australia. *BioInvasions Records*, *9*(2), 408–420. doi.org/10.3391/bir.2020.9.2.27

Sunday, J. M., Bates, A. E., Kearney, M. R., Colwell, R. K., Dulvy, N. K., Longino, J. T., & Huey, R. B., (2014). Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. *Proc Natl Acad Sci*, *111*(15), 5610–5615. doi.org/10.1073/pnas.1316145111

Terborgh, J., & Winter, B. (1983). A method for siting parks and reserves with special reference to Columbia and Ecuador. *Biological Conservation*, *27*(1), 45-58. doi.org/10.1016/0006-3207(83)90005-8

Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., … Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature, 427*(8), 145–148. doi.org/10.1038/nature02121

Van den Berg, F. T., Thompson, M. B., y Hochuli, D.F. (2015). When hot rocks get hotter: behavior and acclimatization mitigate exposure to extreme temperatures in a spider. *Ecosphere, 6*(5), 1-17. doi.org/10.1890/ES14-00436.1

Vera-Escalona, I. M., Coronado, T., Muñoz-Mendoza, C., y Victoriano, P. F. (2010). Distribución histórica y actual de la lagartija *Liolaemus pictus* (Dumeril y Bibron 1837) (Liolaemidae) y nuevo límite continental sur de distribución. *Gayana* (Concepción), *74*(2), 139-146. doi.org/10.4067/S0717-65382010000200008

Vicenzi, N., Corbalán, V., Miles, D., Sinervo, B., & Ibargüengoytía, N. (2017). Range increment or range detriment? Predicting potential changes in distribution caused by climate change for the endemic high-Andean lizard *Phymaturus palluma*. *Biological Conservation*, *206*, 151–160. doi.org/10.1016/j.biocon.2016.12.030

Weeks, D. M., & Espinoza, R. E. (2013). Lizards on ice: Comparative thermal tolerances of the world's southernmost gecko. *J Therm Biol, 38*(5),225–32. doi.org/10.1016/j.jtherbio.2013.02.005

Wilson, L. D., & Johnson, J. D. (2010). Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. *Conservation of Mesoamerican amphibians and reptiles*, *30*, 235.

Xinghan, L., Pengfei, W., Liang, M., Christopher, H., Baojun, S., & Shuran, L. (2020). Embryonic and post-embryonic responses to high-elevation hypoxia in a low--elevation lizard. *Integrative Zoology*. *15*(4). 338-348. doi.org/10.1111/1749-4877.12441

CAPÍTULO 12

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA: reto a alcanzar por cambio climático y sus consecuencias en la habitabilidad

Ureta C.[1] y Mendoza Ponce A.[2]

[1] Investigadora-Cátedra CONACyT en Departamento de Ciencias Atmosféricas, Centro de Ciencias de la Atmósfera. carolinaus@atmosfera.unam.mx

[2] Investigadora Postdoctoral en Departamento de Ciencias Atmosféricas, Centro de Ciencias de la Atmósfera. amendozap@atmosfera.unam.mx

Resumen

La producción agrícola y la habitabilidad humana del planeta están siendo amenazadas por el cambio climático. En este capítulo, realizamos una revisión de la literatura, con el fin de mostrar un panorama de la situación actual en términos de la producción agrícola y de su relación con la seguridad alimentaria. Describimos algunos posibles impactos del cambio climático en la agricultura y viceversa, así como los retos que esto conlleva. Finalmente, exponemos algunas estrategias que podrían aplicarse para evitar la disminución de la habitabilidad futura de la Tierra.

Palabras clave: agricultura, cambio climático, seguridad alimentaria

Abstract

Climate change is a threat to food production and to our planet's habitability. In this chapter we carried out a literature review to have a general perspective of the globe's current situation in terms of agricultural production and its relation with food security. We examine both, the impact of agriculture on climate and vice versa, and discuss strategies to avoid reducing the planet's future habitability.

Keywords: agriculture, climate change, food security.

Introducción

La producción agrícola constituye la base de la alimentación mundial y es fundamental para abastecer de alimento a la humanidad tal como lo plantea la Organización de las Naciones Unidas para el Alimento (FAO, 2016). Este abastecimiento tiene relación con la seguridad alimentaria, la

cual ha tenido diferentes definiciones en la historia (Pinstrup-Andersen, 2009; Napoli, De Muro & Mazziotta, 2011). En este capítulo utilizaremos la definición propuesta por la FAO (1996) que la refiere como el: "Acceso físico y económico al alimento de las personas en todo momento, cuyos productos deben ser inocuos y nutritivos para satisfacer las necesidades alimenticias y sus preferencias alimentarias para poder llevar una vida activa y sana".

Actualmente, la población mundial es de alrededor de ocho mil millones de personas, y este número seguirá creciendo hasta superar los nueve mil millones en el 2050 según el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA, 2020). La página "The World Counts" muestra que cerca de 800 millones de personas sufren hambre, y aproximadamente nueve millones mueren por esta causa anualmente (TWC, 2020). Ante estos hechos, surge la pregunta por saber si producimos la cantidad suficiente de alimento para abastecer a la población mundial. La respuesta, de acuerdo con la FAO (2009), y con Holt-Giménez, Shattuck, Altieri, Herren & Gliessman (2012) es afirmativa. En los últimos 50 años (1961–2012), la producción agrícola prácticamente se duplicó y la población aumentó en un 50% (Benton & Bailey, 2019). Es decir, ha habido un mayor crecimiento en la producción de alimento, en comparación con el aumento poblacional. Consecuentemente, se desprende que el hambre en el mundo está vinculada con la falta de acceso al alimento, por pobreza, inequidad o distribución geográfica, más que por una falta en la producción (Holt-Giménez et al. 2012).

El aumento en la producción agrícola de manera intensificada (Fig. 1) y la tendencia a producir mayor cantidad a menor precio, ha llevado al sector agrícola a favorecer unos cuantos productos agrícolas a costos ambientales muy elevados (Benton & Bailey, 2019). Esa es la razón por la que, desde la Revolución Verde, la producción agrícola se enfocó, principalmente, en tres cultivos. El maíz, el arroz y el trigo, que actualmente representan el 60% de las calorías provenientes de las plantas que consume la humanidad (FAO, 2010); por ello, la producción, distribución y accesibilidad de estos tres granos están estrechamente vinculadas con la seguridad alimentaria presente y futura.

La producción de estos tres granos se ha repartido geográficamente de una manera distinta. América es el gran productor de maíz, Europa se ha enfocado en el trigo, y Asia es el mayor productor de arroz, aunque también produce grandes cantidades de maíz y de trigo (Fig. 2). En relación con la producción de los diferentes países, encontramos que Estados Unidos, China, India y Brasil producen más del 48% de estos tres granos y la superficie agrícola de estos granos en esos países representa más del 43% (Carlson, et al., 2017). Estos datos indican que el poder de estos países sobre la seguridad alimentaria del mundo es grande y, aun así, incluso dentro de estos países existe un porcentaje importante de personas sin acceso al alimento.

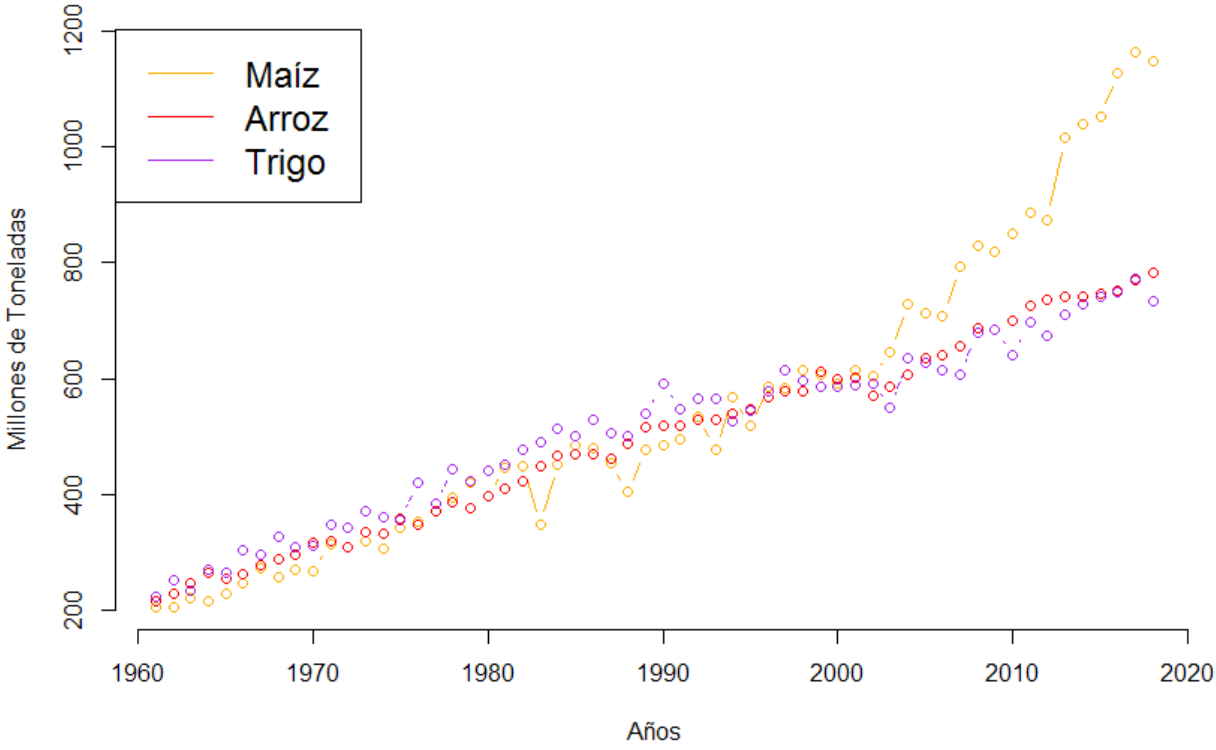


Figura 1. Producción de maíz, arroz y trigo en el periodo 1961–2018.

Información obtenida de la Food and Agriculture Organization (FAO) http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Considerando los datos que describen el panorama actual de la producción agrícola (Fig. 1), se puede afirmar que la Tierra es habitable para la especie humana porque es posible generar suficiente alimento para toda la humanidad. Sin embargo, el cambio climático es y será una amenaza para la producción, y por lo tanto para la habitabilidad del planeta.

1. Impactos del cambio climático sobre la producción agrícola

Existe mucha incertidumbre en los escenarios de cambio climático, pero en esencia, el rumbo del clima dependerá fuertemente de las decisiones que tome la humanidad para los próximos años. En un escenario favorable, en el que la tendencia de emisiones de gases con efecto invernadero se reduce ("Camino Representativo de Concentración" o RCP 2.6 W/m2), se esperaría que los cambios en el clima ocurrieran de manera paulatina.

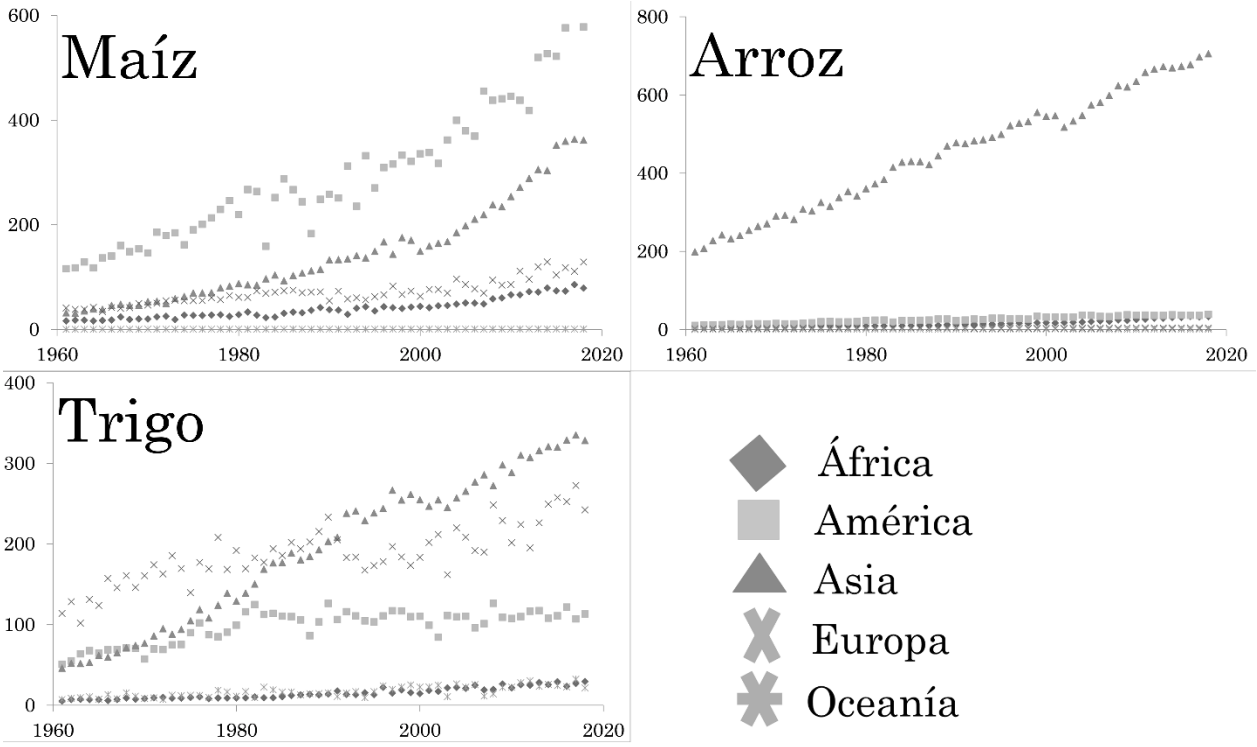


Figura 2. Producción de los tres principales cultivos del mundo (2018). Información obtenida de la FAO http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

En este escenario, se contempla la capacidad de adaptación continua del sector agrícola; por ejemplo, a través de la modificación de las fechas de siembra, la selección de las variedades o de especies agrícolas (Elbehri, 2015; FAO, 2016). Este escenario también contempla la integración de la capacidad y del tiempo para la generación de estrategias alternas, como el uso más eficiente del agua y la prevención de plagas para evitar pérdidas. Sin embargo, un escenario con cambios abruptos (RCP 8.5 W/m2) podría provocar impactos en los rendimientos agrícolas, mayor exposición y frecuencia de eventos extremos como sequías y nuevas plagas. Además, es importante resaltar que si bien el uso y la generación de escenarios traen consigo una incertidumbre asociada, ésta no es una razón para aplazar la generación de estrategias de adaptación y mitigación. Las estrategias tendrán que estar en función de los impactos observados y esperados por el cambio climático, por lo que es fundamental reconocer estos impactos.

El cambio climático tiene y tendrá un impacto directo e indirecto sobre las especies agrícolas. Los impactos directos se producirán a través de las modificaciones relacionadas con el aumento en la temperatura, la variabilidad climática y la frecuencia e intensidad de eventos extremos (Porter, et al., 2014). Los impactos indirectos incluyen cambios en las distribuciones de las plagas y la

salinización del suelo, entre otros. Dentro de los impactos existen otros factores, como el aumento en las concentraciones de gases con efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO2) y el ozono (O3), cuyo incremento implicará cambios en el clima que, a su vez, pueden modificar las respuestas fisiológicas de las plantas agrícolas (Porter et al., 2014; Bisbis, Gruda & Blancke, 2017).

El calentamiento del planeta está teniendo un efecto de estrés térmico en varias especies agrícolas (Field et al., 2014). Principalmente, en zonas tropicales y subtropicales. Cuando se sobrepasa el umbral óptimo de temperatura para las plantas, la fotosíntesis y la tasa de respiración se alteran. Estas modificaciones repercuten en los rendimientos y en la calidad nutricional de algunas plantas (Bisbis et al., 2017). Existen ciertas etapas de la vida de la planta en las que hay más susceptibilidad al estrés térmico y, por lo tanto, puede haber mayores repercusiones en la producción agrícola. Por ejemplo, cuando el estrés térmico sucede en la etapa de la antesis (desde el inicio del desarrollo de una flor hasta su completo funcionamiento), las pérdidas en el rendimiento suelen ser mayores (Deryng, Conway, Ramankutty, Price & Warren., 2014).

Otra modificación tiene relación con las alteraciones en los patrones de precipitación, y que puede provocar estrés hídrico. Aunque hay menor concordancia entre los modelos sobre cómo cambiará la precipitación en el mundo en las próximas décadas, se ha reportado que el acceso al agua de riego en ciertas áreas geográficas será más difícil (Elbehri, 2015). Por ello, se espera que esta situación también tenga un fuerte impacto sobre los rendimientos (Del Pozo et al., 2016).

Un elemento importante que es responsable de la pérdida agrícola de entre 10 y 16% es el de las plagas; las cuales al igual que las especies silvestres, responden a los cambios del clima modificando su distribución (Bebber, Ramotowski & Gurr, 2013). En un estudio realizado por Bebber et al. (2013), con más de 600 especies de plagas, se identificó que los rangos de distribución latitudinales se modificaron en las últimas décadas por los cambios en el clima, lo que implica que, bajo escenarios de cambio climático, podría haber nuevas plagas en nuevos lugares geográficos.

La salinización del suelo es otro mecanismo que es modificado por el cambio climático, y que puede afectar la producción agrícola. Por ejemplo, con cambio climático, se espera que los niveles de salinización aumenten en las zonas cercanas a las costas a través del incremento en el nivel del mar, lo que resultaría en una mayor dificultad de absorción de agua por parte de las plantas (Teh & Koh, 2016).

Los cambios en el clima, además, estarán acompañados de aumentos en las concentraciones de gases con efecto invernadero como el O3 y el CO2. Por una parte, la exposición al O3 tiene efectos

de supresión en la fotosíntesis, acelerando el envejecimiento de las plantas, reduciendo el crecimiento, y los rendimientos hasta en un 15% (Booker et al., 2009). Además, la exposición al O3 se asocia con la reducción en la eficiencia de los herbicidas y al establecimiento de especies invasivas. En cambio, los aumentos en la concentración de CO2 tienen un efecto fertilizador en las plantas, ya que, al haber una mayor disponibilidad de carbono en la atmósfera, aumentan las tasas de asimilación, lo que incrementa las tasas de crecimiento, los rendimientos, y disminuyen las afectaciones derivadas del aumento en la temperatura (Bisbis et al., 2017). Sin embargo, el crecimiento acelerado de las plantas puede tener consecuencias negativas en la producción de los micro y macronutrientes, reduciendo su calidad nutricional (Taub, Miller & Allen., 2008; Bisbis et al., 2017). Aunado a esto se ha sugerido que a mayores concentraciones de CO2 aumenta la susceptibilidad de las plantas a las plagas (Zavala, Casteel, DeLucia & Berenbaum, 2008). Además, la exposición prolongada a la misma concentración de CO2 inhibe el efecto fertilizador (FAO, 2016), y cuando la temperatura sobrepasa cierto umbral, las concentraciones de CO2 ya no pueden compensar los efectos negativos (Bisbis et al., 2017).

En la actualidad, existe evidencia de los impactos del cambio climático en los rendimientos, y por tanto en la producción, de cultivos como el maíz, el trigo y el arroz (Elbehri, 2015; FAO, 2016). Asimismo, existen proyecciones al 2050 que señalan pérdidas en el rendimiento del maíz en todo el mundo, mientras que el trigo aumentará su rendimiento en Rusia, pero disminuirá en África (FAO, 2016). Además, para el 2100 es posible que disminuyan los rendimientos entre el 10 y el 35% del maíz, entre el 5 y el 20% del arroz, y hasta un 15% del trigo. Estos porcentajes se proyectan si se toma en cuenta el efecto fertilizador del CO2 (Müller & Elliott, 2015). Sin embargo, si este efecto no es tomado en cuenta, el rendimiento del maíz podría disminuir del 20 al 45%, el arroz entre el 20 y el 30%, y el trigo entre 5 y 50%, en un escenario pesimista como el RCP 8.5 W/m2 (Elbehri, 2015). Esta reducción de rendimientos impactaría la disponibilidad de alimento en ciertas zonas, lo que podría provocar un aumento en los precios, afectando también la seguridad alimentaria.

2. El impacto del sector agrícola sobre el cambio climático

Stigler se cuestionaba en tiempos de guerra cuánto debía comer un humano promedio para poder estar bien nutrido al menor costo económico posible (Stigler, 1945). Stigler analizaba críticamente las dietas recomendadas por nutriólogos de la época para la población común de Estados Unidos, afirmando que las propuestas eran caras y clasistas. La crítica era válida, y más considerando un mundo donde había restricciones económicas, y en el que se buscaba maximizar la nutrición de la población en un país en guerra. Casi 80 años después, la ciencia se enfrenta a un reto similar ya que se requiere una propuesta alimentaria saludable para toda la población que minimice los costos

económicos y ambientales. Considerando los patrones de consumo y los estilos de vida que imperan actualmente, las críticas de Stigler se mantienen vigentes, pero además debemos incorporar los retos que impone el cambio climático al sector agrícola y viceversa.

Los impactos de la agricultura sobre el cambio climático están presentes en toda la cadena agroalimentaria, la cual comprende desde el cultivo y el procesamiento, hasta la degradación de los alimentos o los materiales de embalaje. Los impactos y los costos ambientales del sistema agroalimentario se han cuantificado desde la década de los noventa por medio de una técnica llamada "Evaluación del Ciclo de Vida" (Andersson, Ohllsson y Olsson, 1994). Esta técnica es útil para identificar qué productos y qué partes de la cadena productiva generan más impactos con el fin de reducir y mitigar los efectos negativos (Cucurachi, Scherer, Guinée & Tukker, 2019). Estos impactos incluyen los requerimientos de tierra, los cambios de uso del suelo, el uso de fertilizantes, el transporte, el uso de energía y la generación de residuos (Fig. 3).

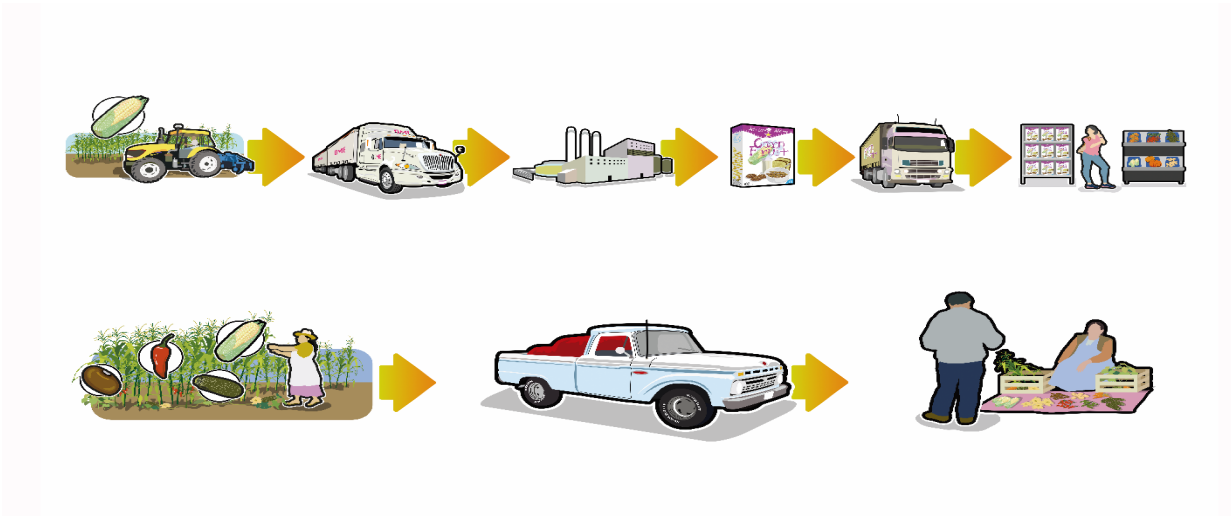


Figura 3. Dos ejemplos de cadenas de producción Fuente: Elaboración propia. En la cadena superior hay un mayor número de pasos para la producción de productos procesados, relacionados con la agroindustria. Esta se caracteriza por grandes extensiones de monocultivos con usos de fertilizantes e irrigación. Además, hay costos asociados con gastos energéticos, procesamiento, empaquetado y transporte. En la segunda cadena productiva (abajo), el pequeño productor tiene parcelas menores a una hectárea con variedades de cultivos. El manejo es principalmente de temporal. Los intermediarios entre los productores y los consumidores son escasos en la cadena inferior y los costos ambientales se reducen porque se evitan gastos añadidos de procesamiento o de embalaje.

Los impactos y costos ambientales de los productos agrícolas dependen de su origen y manejo, y varían significativamente. Dentro de los principales impactos está su contribución a la emisión de gases con efecto invernadero (GEI). Durante el periodo 2007–2016, la producción de alimentos fue responsable del 21 al 37% de las emisiones antropogénicas de GEI, principalmente por las emisiones de óxido nitroso (N2O) y de metano (CH4) asociadas con el uso de fertilizantes y con la fermentación entérica de la ganadería; además están las emisiones de CO2 asociadas con los cambios de uso y cobertura del suelo (Mbow, 2017). El arroz, por ejemplo, es responsable del 48% de las emisiones agrícolas de CH4 (Carlson et al., 2017). En relación con la contribución geográfica, la India y China producen más de la mitad del arroz, por lo que se ha considerado que ambos países emiten la mitad del total de las emisiones agrícolas de CH4 (Tilman, Balzar, Hill y Befort, 2011; Cassidy, West, Gerber & Foley 2013). Además, se ha reportado que Brasil ha sido responsable del 30% de las emisiones globales de CO2 por deforestación debido a la expansión agrícola (Karstensen, Peters & Andrew, 2013; West et al., 2014).

Existe un vínculo estrecho entre el impacto de la agricultura sobre el cambio climático y la producción de proteínas de origen animal por los cambios de uso y cobertura del suelo que se necesitan para alimentar al ganado. Esto es relevante si se considera que en las pasadas tres décadas se ha producido un incremento del consumo de carne y de productos lácteos en lo que se ha denominado Revolución Pecuaria (Delgado, 2003). Durante el periodo de 1961-2011, el consumo diario per cápita de proteínas de origen animal, en países de ingresos bajos y medios se incrementó de 9g a 20g, y se espera que crezca a 25 g hacia la mitad de siglo (FAO, 2017). Esto es de suma relevancia ya que la carne de bovino es entre 12 a 50 veces más costosa ambientalmente que la leche, la cual a su vez es 36 veces mayor que la producción de productos de origen vegetal (Poore & Nemecek, 2018).

Una manera de reducir la contribución de la agricultura al cambio climático es promover una dieta que reduzca el consumo de proteína animal proveniente de ganado bovino (Springmann, Godfray, Rayner & Scarbborough, 2016). Es decir, si la población redujera a la mitad el consumo de carne bovina, se reducirían las emisiones de GEI provenientes de la producción de alimento hasta en un 70% (Stehfest et al., 2009; Springmann et al., 2016). Una dieta omnívora en la cual se diversificara el origen de la proteína animal también podría reducir nuestras emisiones per cápita; por ejemplo, a través del consumo de insectos (Mulia, 2019). Asimismo, se ha reportado que una dieta vegana podría reducir hasta en un 50% las emisiones per cápita de GEI (Scarborough et al., 2014; Chai et al. 2019). Aunado a los cambios de dietas y a la reducción de productos de origen animal debe considerarse el decremento de las emisiones por la selección de productos locales y no procesados que impactan en menor grado en comparación con los productos importados e industrializados

(Cleveland & Gee, 2017; Chai et al., 2019). Es importante señalar que la seguridad alimentaria debe considerar el derecho de las personas a tener acceso a dietas balanceadas, considerando las preferencias alimentarias, pero también dando un lugar protagónico a la habitabilidad humana del planeta. Es decir, encontrar estrategias que faciliten la protección del ambiente y el clima.

El impacto que la agricultura pueda tener sobre el clima y otros aspectos ambientales depende de muchos factores como la diversidad de cultivos, de climas, de suelos y de métodos de manejo. Las grandes extensiones agrícolas intensificadas de ciertos países impactan en mayor grado, en comparación de las pequeñas parcelas de subsistencia de menos de una hectárea: esta heterogeneidad hace difícil crear soluciones homogéneas y generales para todos los contextos. La variedad de sistemas de producción implica un reto para disminuir los impactos negativos y promover la seguridad alimentaria. De manera simplista, podríamos dividirla en dos tipos de sistemas de producción. La primera es una producción de baja escala, relacionada con campesinos que siembran porciones de tierra de pocas hectáreas, propias o rentadas, que tienen poca tecnificación y que dependen de las condiciones biofísicas y climáticas relacionadas con la agricultura de temporal. La segunda es la producción agroindustrial que se caracteriza por tener grandes extensiones de tierra en donde se cultivan una limitada variedad de plantas que se asocian generalmente con semillas mejoradas y acceso al riego. Este manejo tiene gran tecnificación y permite superar algunas limitantes de las restricciones biofísicas.

3. Estrategias para alcanzar la seguridad alimentaria reduciendo la contribución agrícola al cambio climático

Evitar la expansión de la frontera agrícola es una parte fundamental para mitigar los impactos de los cambios de uso del suelo sobre el clima (Llopart et al., 2018). Mantener la habitabilidad del planeta y la seguridad alimentaria es fundamental. Para ello, es necesario encontrar estrategias que permitan abastecer de alimentos a toda la población reduciendo paralelamente los impactos negativos sobre el ambiente. Una alternativa consiste en promover una agricultura justa y resiliente en términos sociales y ambientales. Es decir, deben dirigirse esfuerzos y recursos a pequeños productores (o productores familiares), los cuales representan el 98%, y el 53% de las tierras agrícolas del mundo. Este tipo de producción puede proveer entre el 36 y el 114% de los requerimientos calóricos de una nación (Graeub et al., 2016). En este sentido, incrementar los apoyos para mejorar el manejo agrícola de los pequeños productores, y aumentar los rendimientos con estrategias sustentables, permitirá no sólo mejorar la producción, sino también el acceso al alimento, fortaleciendo las cadenas locales de producción. Consecuentemente, asegurar la producción de estos productores, y aumentar los rendimientos, es asegurar también el alimento y la reducción del

hambre (FAO, 2016). Además, los pequeños productores resguardan la mayor cantidad de agrobiodiversidad in situ, lo que facilita la siembra de los cultivos más consumidos por el ser humano a nivel global en las condiciones ambientales que se encuentran en los umbrales fisiológicos de las especies (Ureta, Martínez-Meyer, Perales y Álvarez-Buylla, 2012; Ureta, González-Salazar, González, Álvarez-Buylla & Martínez-Meyer, 2013). En este contexto, cobra importancia la agrobiodiversidad como base de la selección natural y artificial que permite una evolución continua en campo, por lo que puede ser un recurso incomparable para abatir impactos del cambio climático en la agricultura (Pascual, Narloch, Nordhagen & Drucker, 2011). A pesar de los importantes beneficios de la agricultura campesina, los subsidios gubernamentales suelen irse a grandes productores de la cadena agroindustrial, en países con alta agrobiodiversidad como México (Eakin et al., 2018). Por lo anterior, es importante democratizar los recursos naturales y económicos como primera medida política de adaptación y mitigación al cambio climático hacia la seguridad alimentaria (Dudley & Alexander, 2017).

Otra estrategia es incrementar la eficiencia en la cadena agroindustrial. Actualmente, el 36% de la producción agrícola de grandes productores se dirige a la alimentación de ganado (Cassidy et al., 2013), alrededor del 17% se pierde en transporte, almacenamiento o procesamiento, el 10% es desperdiciado y el 9% se utiliza para la generación de biocombustible (Alexander et al., 2017). Es decir, más del 70% de lo que se produce en este tipo de agricultura no es directamente para consumo humano. Para redirigir esos recursos agrícolas a la población humana, se debe reducir el desperdicio a través de las cadenas de producción, acercando al productor con el consumidor. De esta manera, podrían reducirse los costos y podría evitarse o reducirse el consumo de alimentos procesados y empaquetados que tienen mayores costos ambientales y que no contribuyen a la calidad nutricional de las personas (FAO, 2017). Además, los biocombustibles pueden ser sustituidos, en caso de ser necesario, por otras fuentes de energía renovable que no tengan una influencia directa sobre la seguridad alimentaria. Asimismo, reducir o evitar el consumo de carne, como mencionamos anteriormente, tendría un impacto muy favorable al disminuir las emisiones de GEI tanto por los cambios de uso y cobertura del suelo, como por fermentación entérica (Stehfest et al., 2009; Springmann et al., 2016). Finalmente, es relevante mencionar también la creciente presencia de la agricultura urbana ya que se ha reportado que entre el 25 y el 30% de la población urbana en el mundo está involucrado en la producción urbana de alimento (Orsini, Kahane, Nono-Wodmim & Gianquinto, 2013). Esta agricultura está relacionada con el incremento de la población urbana a partir del siglo XXI, la cual ha intentado encontrar soluciones de producción de alimento local, reduciendo significativamente los costos de transportación.

4. Conclusiones

La producción agrícola de alimentos es suficiente para alimentar a la humanidad, pero millones de personas mueren de hambre cada año. Por tanto, el hambre tiene que ver más con una condición de inaccesibilidad al alimento más que a una falta de producción; sin embargo, si la producción disminuye la inaccesibilidad aumentará. En el futuro se espera que la producción de alimento agrícola se vea afectada negativamente de manera directa por modificaciones del estrés hídrico y térmico, e indirecta por cambios en la distribución de plagas, la salinización del suelo y los aumentos en las concentraciones de GEI como CO2 y O3. La agricultura contribuye de manera importante a los cambios en el clima a través del cambio de uso del suelo, la utilización de fertilizantes y por la contribución de toda la cadena agroindustrial en la que existe un importante porcentaje de alimento desperdiciado. Esto tiene relación con un mayor consumo y demanda de carne que han aumentado en algunos países del oeste en las últimas décadas.

La Habitabilidad Humana no se encuentra en riesgo, nuestro planeta es habitable en términos alimentarios, pero esto no conlleva a la seguridad alimentaria. Consecuentemente, es necesario proponer alternativas para reducir los costos ambientales y promover el acceso al alimento a través de más apoyos a pequeños campesinos en zonas rurales. Asimismo, deben establecerse estrategias nacionales e internacionales dirigidas a atender y a democratizar los recursos para evitar o disminuir los impactos negativos del cambio climático sobre los rendimientos agrícolas. Como individuos podemos contribuir a reducir la problemática ambiental ocasionada por la agricultura a través del consumo local y menos procesado, así como la reducción del consumo de productos de origen animal. Nosotros, como individuos y consumidores, tenemos el poder para elegir y contribuir a la seguridad alimentaria y a los costos ambientales generados por los productos adquiridos.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Bianca Santini y Jason Griffiths por el apoyo en la revisión del inglés en nuestro resumen y a Fredy Rodríguez por la ayuda para crear la Figura 3.

Referencias

Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. D. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural systems*, *153*, 190-200.

Andersson, K., Ohlsson, T., & Olsson, P. (1994). Life cycle assessment (LCA) of food products and production systems. *Trends in Food Science & Technology*, *5*(5), 134-138.

Bebber, D. P., Ramotowski, M. A., & Gurr, S. J. (2013). Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature climate change*, *3*(11), 985-988.

Benton, T. G., & Bailey, R. (2019). The paradox of productivity: Agricultural productivity promotes food system inefficiency. *Global Sustainability*, *2*.

Bisbis, M., Gruda, N., & Blanke, M. (2017). Adapting to climate change with greenhouse technology. In *International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant 1227*, 107-114.

Booker, F., R. Muntifering, McGrath, M., Burkey, K., Decoteau, D., Fiscus, E., Manning, W., Krupa, S., Chappelka, A., & Grantz, D. (2009). The ozone component of global change: potential effects on agricultural and horticultural plant yield, product quality and interactions with invasive species. *Journal of Integrative Plant Biology, 51*(4), 337-351.

Carlson, K. M., Gerber, J. S., Mueller, N. D., Herrero, M., MacDonald, G. K., Brauman, K. A., & West, P. C. (2017). Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nature Climate Change*, *7*(1), 63-68.

Cassidy, E. S., West, P. C., Gerber, J. S., & Foley, J. A. (2013). Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters*, *8*(3), 034015.

Cleveland, D. A., & Gee, Q. (2017). Plant-based diets for mitigating climate change. In *Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention* (pp. 135-156). Academic Press.

Cucurachi, S., Scherer, L., Guinée, J., & Tukker, A. (2019). Life Cycle Assessment of Food Systems. *One Earth*, *1*(3), 292-297.

Chai, B. C., van der Voort, J. R., Grofelnik, K., Eliasdottir, H. G., Klöss, I., & Perez-Cueto, F. J. (2019). Which diet has the least environmental impact on our planet? A systematic review of vegan, vegetarian and omnivorous diets. *Sustainability*, *11*(15), 4110.

Del Pozo, A., Yáñez, A., Matus, I. A., Tapia, G., Castillo, D., Sanchez-Jardón, L., & Araus, J. L. (2016). Physiological traits associated with wheat yield potential and performance under water-stress in a Mediterranean environment. *Frontiers in plant science*, *7*, 987.

Delgado, C. L. (2003). Rising Consumption of Meat and Milk in Developing Countries Has Created a New Food Revolution. *The Journal of Nutrition*, *133*(11), 3907S-3910S.

Deryng, D., Conway, D., Ramankutty, N., Price, J., & Warren, R. (2014). Global crop yield response to extreme heat stress under multiple climate change futures. *Environmental Research Letters*, *9*(3), 034011.

Dudley, N., & Alexander, S. (2017). Will small farmers survive the twenty-first century–and should they?. *Biodiversity*, *18*(2-3), 68-70.

Eakin, H., Sweeney, S., Lerner, A. M., Appendini, K., Perales, H., Steigerwald, D. G., Dewes, C. F., Davenport, F., & Bausch, J. C. (2018). Agricultural change and resilience: Agricultural policy, climate trends and market integration in the Mexican maize system. *Anthropocene, 23*, 43-52.

Elbehri, A. (2015). *Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

FAO (1996). Report of the World Food Summit.

FAO (2009). The state of food insecurity in the world. *With the World Food Program of the United Nations.*

FAO (2010). Climate smart agriculture: policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation. In *Paper prepared for Hague Conference on Agriculture, Food Security and Climate Change*.

FAO (2016). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*.

FAO (2017). The future of food and agriculture. Trends and challenges. *Annual Report*.

Field, C. B., Barros, V.T., Dokken, D., Mach, K., Mastrandrea, M., Bilir, T., & White, L. (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, Cambridge: Cambridge University Press.

Graeub, B. E., Chappell, M. J., Wittman, H., Ledermann, S., Kerr, R. B., & Gemmill-Herren, B. (2016). The state of family farms in the world. *World development, 87*, 1-15.

Holt-Giménez, E., Shattuck, A., Altieri, M., Herren, H., & Gliessman, S. (2012). *We already grow enough food for 10 billion people… and still can't end hunger*. Taylor & Francis.

Mbow, H. O. P., Reisinger, A., Canadell, J., & O'Brien, P. (2017). Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (SR2). *Ginevra, IPCC*.

Karstensen, J., Peters, G. P., & Andrew, R. M. (2013). Attribution of CO 2 emissions from Brazilian deforestation to consumers between 1990 and 2010. *Environmental Research Letters, 8*(2), 024005.

Llopart, M., Reboita, M. S., Coppola, Giorgi, E. F., Da Rocha, R. P., & De Souza, D.O. (2018). Land use change over the Amazon Forest and its impact on the local climate. *Water, 10*(2), 149.

Mulia, R. N. (2019). Global simulation of insect meat production under climate change. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 3*: 91.

Müller, C., & Elliott, J. (2015). The Global Gridded Crop Model intercomparison: approaches, insights and caveats for modelling climate change impacts on agriculture at the global scale. *Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade. Rome, FAO*.

Napoli, M., De Muro, P., & Mazziotta, M. (2011). Towards a food insecurity Multidimensional Index (FIMI). *Master in Human Development and Food Security*, 1-72.

Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim R., & Gianquinto, G. (2013). Urban agriculture in the developing world: a review. *Agronomy for sustainable development, 33*(4), 695-720.

Pascual, U., Narloch, U., Nordhagen, S., & Drucker, A. G. (2011). The economics of agrobiodiversity conservation for food security under climate change. *Economía Agraria y Recursos Naturales, 11*(1380-2016-115430), 191-200.

Pinstrup-Andersen, P. (2009). Food security: definition and measurement. *Food security*, 1(1), 5-7.

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science, 360*(6392), 987-992.

Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., Lobell, D.B., & Travasso, M. I. (2014). Food security and food production systems. 485-533.

Scarborough, P., Appleby, P. N., Mizdrak, A., Briggs, A. D. M., Travis, R. C., Bradbury, K. E., & Key, T. J. (2014). Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Climatic Change, 125*(2), 179-192.

Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner M., & Scarborough, P. (2016). Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(15), 4146-4151.

Stehfest, E., Bouwman, L., Van Vuuren, D. P., Den Elzen, M. G., Eickhout, B., & Kabat, P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climatic change, 95*(1-2), 83-102

Stigler, G. J. (1945). The Cost of Subsistence. *American Journal of Agricultural Economics, 27*(2), 303-314.

Taub, D. R., Miller, B., & Allen, H. (2008). Effects of elevated CO2 on the protein concentration of food crops: a metaanalysis. *Global Change Biology,* 14(3), 565-575.

Teh, S. Y., & Koh, H. L. (2016). Climate change and soil salinization: impact on agriculture, water and food security. *International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation, 2*, 1-9.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(50), 20260.

TWC (2020). *The World Counts*. https://www.theworldcounts.com/challenges/people-and-poverty/hunger-and-obesity/how-many-people-die-from-hunger-each-year.

UNFPA (2020). *Fondo de Población de las Naciones Unidas*. https://www.unfpa.org/es/tendencias-demogr%C3%A1ficas.

Ureta, C., Martínez-Meyer, E., Perales H. R., & Álvarez-Buylla, E. R. (2012). "Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico." *Global Change Biology, 18*(3), 1073-1082.

Ureta, C., González-Salazar, C., González, E. J., Álvarez-Buylla E. R., & Martínez-Meyer, E. (2013). Environmental and social factors account for Mexican maize richness and distribution: A data mining approach. *Agriculture, ecosystems & environment, 179*, 25-34.

West, P. C., Gerber, J. S., Engstrom, P. M., Mueller, N. D., Brauman, K. A., Carlson, K. M., Cassidy, E.S., Johnston, M., MacDonald, G. K., Ray D. K., & Siebert, S. (2014). Leverage points for improving global food security and the environment. *Science, 345*(6194), 325.

Zavala, J. A., Casteel, C. L., DeLucia E. H., & Berenbaum M. R. (2008). Anthropogenic increase in carbon dioxide compromises plant defense against invasive insects. *Proceedings of the national academy of sciences, 105*(13), 5129-5133.

CAPÍTULO 13

ESCENARIOS SOBRE LA HABITABILIDAD TÉRMICA EN LOS EDIFICIOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: impactos en el bioclima, consumo de energía y emisiones de CO_2 en México

Morillón D.[1] y Cervantes S.[2]

[1] Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México damg@pumas.ii.unam.mx

[2] Programa de Investigación en Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México alainguzman@msn.com

Resumen

El clima brinda condiciones o sensaciones higrotérmicas que, definen estrategias para la habitabilidad en los edificios, de forma natural o con equipos de climatización, como el aire acondicionado para el enfriamiento o la calefacción, los cuales presentan consumo de energía. En México, la energía utilizada tiene su base, en un 90 %, en las fuentes no renovables, en consecuencia se agotan los recursos y es una producción contaminante. Dichas condiciones se verán agravadas frente al cambio climático, al ser modificados los bioclimas, que se refieren a la asociación de los elementos meteorológicos que influyen en el bienestar fisiológico o confort térmico del ser humano, importante para la habitabilidad humana infraestructural. Determinar la variación del bioclima, el requerimiento energético para la climatización y las emisiones de CO_2 relacionadas con el uso de dicha energía es el objetivo de este trabajo. Se presentaran los resultados, para los escenarios pasado, actual y futuro, en los diversos climas de México, como conclusiones, se discute el aumento de las condiciones de calor y la disminución de las condiciones de confort, así como el impacto en el consumo de energía y las emisiones de CO_2, así como estrategias para mitigar y adaptarse ante dichos impactos.

Palabras clave: Habitabilidad, Cambio Climático, Confort Térmico, Bioclima, Edificios, Consumo de Energía, Emisiones de CO_2

Abstract

The climate provides hygrothermal conditions or sensations that define strategies for habitability in buildings, naturally or with air conditioning equipment, such as air conditioning for cooling or heating, which present energy consumption. In Mexico, the energy used is based, 90%, on non-renewable sources, consequently resources are depleted and it is a polluting production. These conditions will be aggravated in the face of climate change, as the bioclimates are modified, which refer to the association of meteorological elements that influence the physiological well-being or thermal comfort of the human being, important for the habitability of buildings. Determining the variation of the bioclimate, the energy requirement for air conditioning and the CO2 emissions related to the use of said energy is the objective of this work. The results will be presented, for the past, current and future scenarios, in the different climates of Mexico, as conclusions, the increase in heat conditions and the decrease in comfort conditions are discussed, as well as the impact on the consumption of energy and CO2 emissions, as well as strategies to mitigate and adapt to these impacts.

Keywords: Habitability, Climate Change, Thermal Comfort, Bioclimate, Buildings, Energy Consumption, CO2 Emissions

Introducción

Uno de los problemas que actualmente presentan los edificios en México, es el uso excesivo de energía convencional para su climatización, entre el 30 al 60 % del total (Morillón, Escobedo y García, 2015; García, Morillón, Rokia & Rusyssevelts, 2015). Debido al origen de dicha energía, no renovable en poco más del 90%, se presentan emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) relacionadas con su uso, si se considera que se presentara calentamiento por el cambio climático, en consecuencia se tendrá un aumento en el consumo de energía y emisiones de CO_2 relacionadas con los edificios. Dichos efectos es importante determinarlos, para contar con bases que permitan disminuirlos o eliminarnos, como las estrategias para el ahorro de energía y mitigación de GEI, actualmente los edificios representan aproximadamente el 20 % del consumo total de energía en el país, según la Secretaria de Energía de México (SENER, 2018).

En este capítulo se presentará un estudio de caso, para demostrar el impacto del cambio climático, mediante escenarios retrospectivos, presentes y prospectivos, en el bioclima, en el consumo y uso final de la energía en los edificios, por la utilización de sistemas de aire acondicionado y el CO_2 relacionado, debido al aumento evidente de la temperatura por el calentamiento global. Este estudio permite determinar las bases para cuantificar los beneficios por la mitigación de los GEI, el ahorro de energía y las medidas de adaptación de los edificios. El estudio se realizó en clima cálido seco, húmedo, subhúmedo y templado, en específico en las ciudades de Culiacán, Villahermosa, Mazatlán, Mexicali y la Ciudad de México.

Entre los estudios directamente relacionados con el presente trabajo, se encuentra el de Sheinbaum (1994), quien realizó un estudio energético de la vivienda en México y el CO_2 relacionado con el uso de energía por el equipamiento de la misma, en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. También, en el 2004, Morillón presentó un estudio del bioclima de México, y el mismo autor en el 2008, presentó la cuantificación del CO_2 relacionado con medidas de mitigación en la vivienda, para el proyecto “La hipoteca verde” (p.85-100). Dos años después, Rosas y Morillón estudiaron el CO_2 relacionado con el equipamiento y uso final de la energía en la vivienda de México (Rosas, Rosa & Morillón, 2010), más adelante Morillón et al. (2015) presentaron los consumos y usos finales de la energía, de los edificios, en los diversos climas de México (p.51 al 54 y 72 al 75). Ya relacionado con el impacto del cambio climático en el bioclima (García, Tapia y Morillón, 2016) presentaron “El estudio del cambio climático y los efectos en el bioclima cálido seco: Análisis retrospectivo y prospectivo”. Un año después Wolfskill, Valenzuela y Morillón (2017), publican una investigación sobre “El impacto del cambio climático en el bioclima de las costas mexicanas: Retrospectiva, presente y prospectiva”, mientras que Santillán y García (2018), presentaron un trabajo sobre el ambiente urbano 2050, con estudios sobre el impacto del cambio climático, en las temperaturas de confort y el uso del aire

acondicionado en México. En ese mismo año Morillón, Silva, López y Espinoza (2018), presentaron "Los impactos del cambio climático y el océano, en el consumo de energía en los edificios: Análisis retrospectivo, presente y prospectivo". Por todo lo anterior, es necesario estudiar los impactos frente al cambio climático en los climas cálido seco extremosos, el cálido húmedo y el templado de la República Mexicana, para evaluar el impacto en el bioclima y los edificios, en cuanto a las condiciones de confort, consumo de energía y emisiones de CO_2 relacionadas.

1. Estudio de caso: México

El caso de México, presenta diversos climas, lo cual permitirá identificar los impactos frente al cambio climático, en la mayoría de los bioclima del mundo, y el consumo de energía en la climatización de los edificios y las emisiones de CO_2 relacionadas. Los climas que se presentan en gran parte del país, son el cálido seco, cálido húmedo y el templado. El análisis permitirá identificar, en que clima se presenta mayor impacto con el calentamiento, que está directamente relacionado con la habitabilidad térmica, problema que se presenta actualmente por el origen de la energía y puede agudizarse al 2050. Tener presente los impactos permitirá emitir estrategias y medidas específicas para cada clima, con objeto de mitigar los consumos de energía y emisiones de CO_2, para el caso de los edificios existente y las de adaptación para los edificios nuevos. Esto se puede considerar como una contribución, al estudio de las implicaciones que el consumo de energía y el cambio climático, pueden tener sobre la habitabilidad humana. De este estudio, se presenta la metodología propuesta y realizada, para los estudios del bioclima; posteriormente se presentan los resultados de bioclimas actuales vs los bioclimas frente al cambio climático, para el escenario planteado, relacionando los requerimientos de enfriamiento y calentamiento, con el consumo de energía y las emisiones de CO_2; y finalmente, se presentan estrategias y la relación de este estudio con la habitabilidad humana.

Metodología

Las etapas para realizar el trabajo son:

1. Se analizó la evidencia del impacto del cambio climático en el clima, en forma comparativa, con los datos del clima de Culiacán, Sin., de los periodos de 1951-1980 y 1981-2010 de la normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2020),

2. Se elaboró un escenario del clima de Culiacán al 2050, con base en los datos climáticos actuales y los datos de Meteonorm (2020), que considera el modelo del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006), igual se realizaron para las otras ciudades de estudio,

3. Se realizaron los estudios del bioclima, para obtener los diagramas anuales de las sensaciones térmicas, para los casos y escenarios indicados,

4. Se cuantificaron, con base en los diagramas anuales de las sensaciones térmicas; los impactos cuantitativos en las condiciones de confort, frio y calor frente al cambio climático,
5. Se calcularon los grados día para los requerimiento de enfriamiento para cada periodo de estudio y ciudad,
6. Se estimó el requerimiento de energía para un edificio tipo, para los tres periodos de estudio y en cada ciudad,
7. Se estimaron las emisiones de CO2 relacionadas con el uso de energía, en la climatización de los edificios, para los tres escenarios y para cada ciudad,
8. Se presentaron las conclusiones, donde se incluyen las estrategias para mitigar o adaptar los edificios frente al cambio climático.

Resultados

A manera de ilustrar el proceso de estudio-metodología, se muestra el caso de la ciudad de Culiacán, donde se observa (Figura 1), mediante una comparación de las temperaturas máximas y mínimas extremas, así como las promedio y la media, para los periodos de 1951-1980 y el 1981-2010, información obtenida de las normales climatológicas (SMN, 2020).

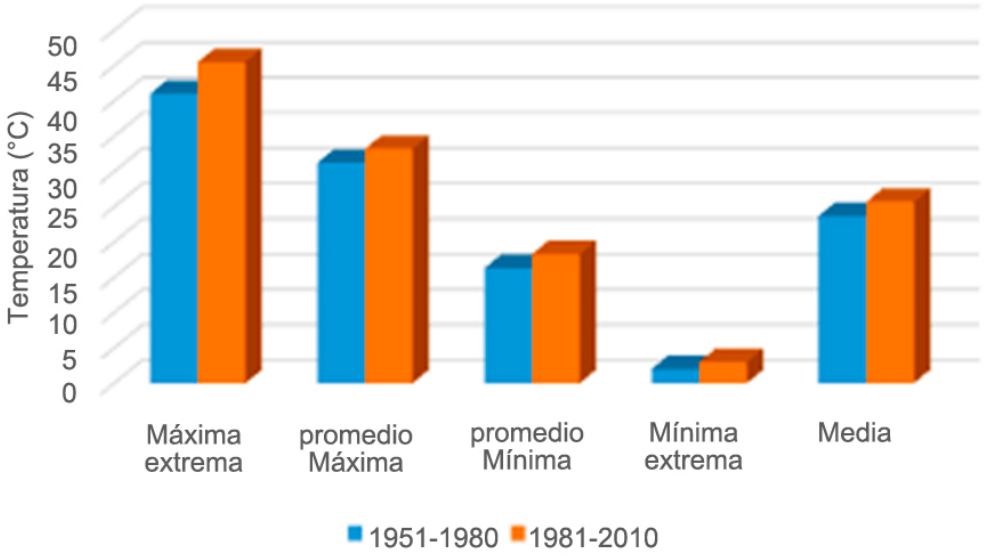


Figura. 1 Comparación de las temperaturas de los periodos 1951-1980 y 1981-2010 de Culiacán, Sinaloa. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se observa un cambio en las temperaturas, entre los periodos seleccionados, en Culiacán, ciudad ubicada en clima cálido seco, el aumento de las temperaturas se presenta entre 2 y 4 °C, para la máxima y mínima extrema, la promedio máxima y mínima, así como en las medias, lo cual permite observar que es evidente el cambio climático, se trabajara en un escenario futuro (Al 2050), para determinar la tendencia de dichos impactos.

Escenario al 2050

A partir de las condiciones climáticas del periodo de 1981-2010 se estimó para el 2050, con el software Meteonorm (2020), los datos de temperaturas promedio máxima y mínima, así como la media.

En la figura 2 se presenta la comparación de las temperaturas, para los tres periodos del estudio: 1951-1980, 1981-2010 y al 2050.

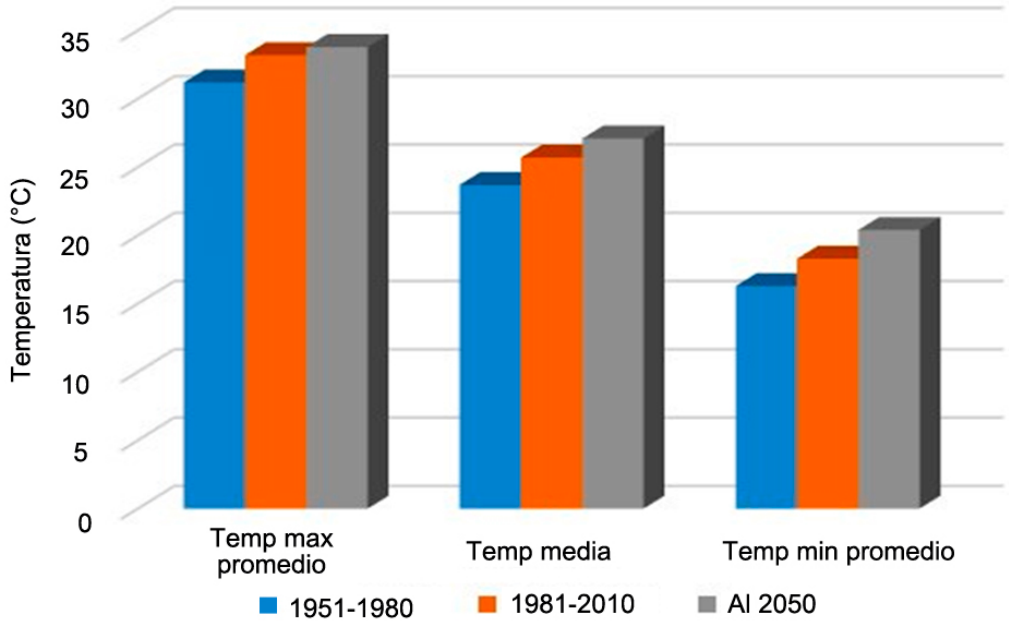


Figura. 2 Comparación de las temperaturas de los tres periodos estudiados, Culiacán, Sinaloa. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia en la figura 2, que el impacto del cambio climático, continuará en el año 2050, con el aumento de las temperaturas máxima, mínima promedio y media, con fin de determinar el impacto frente al cambio climático en el país, se estudiaron las ciudades representativas de los tres principales climas de México.

Estudio del bioclima

Con los datos de las temperaturas, de cada uno de los tres periodos, pasado (1951-1980), actual (1981-2010) y futuro (al 2050), y la humedad relativa, la cual se generó a partir de los datos de la temperatura, igual se generaron los datos horarios promedios mensuales de las temperaturas y humedades relativas, con dicha información, en el programa Biosol (Preciado y Morillón, 2013), se realizaron los estudios del bioclima, en la carta bioclimática de Olgyay (1968), obteniendo como resultado los diagramas anuales de las sensaciones térmicas, de todos los casos de estudio, ciudad y escenario, donde se identifican las condiciones de calor, confort y frio, por hora y mes promedio del año, en las siguiente figuras (Fig. 3, 4 y 5) se presenta el caso de Culiacán.

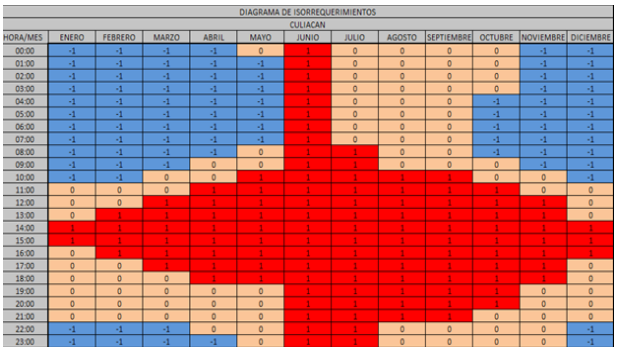


Figura. 3 Diagrama anual de sensación térmica en la ciudad de Culiacán, Sin. (1951-1980). Fuente: Elaboración propia.

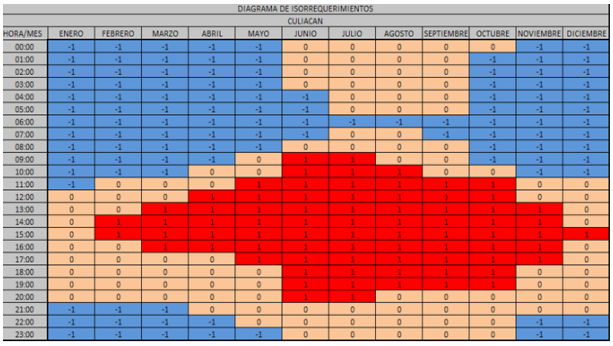


Figura 4. Diagrama anual de sensación térmica en la ciudad de Culiacán, Sin. (1981-2010). Fuente: Elaboración propia.

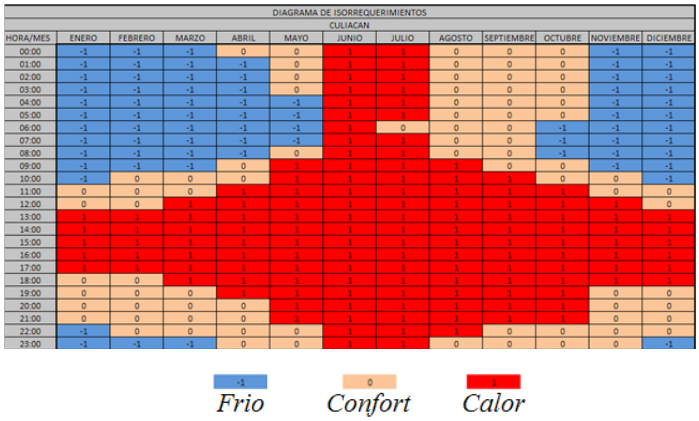


Figura. 5 Diagrama anual de sensación térmica en la ciudad de Culiacán, Sin., al 2050. Fuente: Elaboración propia.

De los estudios del bioclima, para los tres periodos, se observan cambios significativos en las condiciones de calor, durante el periodo 1951-1980 (Fig. 3) la ciudad presenta condiciones de calor

predominante en los meses de verano, y condiciones de confort y frio en las estaciones de primavera, otoño e invierno, en el caso 1981-2010 (Fig. 4) las condiciones de calor aumentan y disminuyen las confort y frio, en el escenario al 2050 (Fig. 5), debido al aumento de temperatura, en todos los meses, aumenta de manera significativa las condiciones de calor y disminuyen las de confort.

Impactos en los edificios el cambio del bioclima

Con base a los estudios del bioclima, de los tres periodos, para Culiacán, Sin., se realizó el cálculo de los requerimientos de enfriamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Grados día de enfriamiento anual en bioclima cálido seco, Culiacán, Sin.

Periodo	Grados día de enfriamiento anual (°C)
1951-1980	917.10
1981-2010	1,008.30
Al 2050	1,149.80

Retrospectiva, presente y prospectiva. Fuente: Elaboración propia.

Si se considera un edificio con fachadas de vidrio claro, caso extremo en la envolvente arquitectónica, pero cada vez más en uso en el mundo, para estimar el requerimiento energético en la climatización, con aire acondicionado, en la Tabla 2 se presentan los resultados, en kWh/m^2, para cada escenario.

Tabla 2. Energía por unidad de superficie anual, en bioclima cálido seco, Culiacán, Sin.

Periodo	Consumo de energía (kWh/m^2)
1951-1980	17.00
1981-2010	28.65
Al 2050	46.70

Retrospectiva, presente y prospectiva. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados representan, entre los tres escenarios, variaciones porcentuales con relación al pasado, de 10 y 25 %.

Para estimar las emisiones de CO_2, con base en la metodología del IPCC (2006) y los factores de emisión por región, reportados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2016), se presentan los resultados en la Tabla 3.

Tabla 3. Emisiones de CO_2 relacionadas al consumo de energía, bioclima cálido seco, Culiacán, Sin.

Bioclima	Emisión de CO_2 por consumo de energía (kg/m²)
1951-1980	30.95
1981-2010	35.03
2050	41.45

Retrospectiva, presente y prospectiva. Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones aumentaron del primer periodo, aproximadamente 10 % y en ultimo en 25 %.

A continuación se presenta el impacto a los edificios, en cuatro zonas climáticas de México (Figuras 6, 7, 8 y 9), el consumo y el uso final de energía (Tabla 4), sin lugar a dudas que los resultados representan retos actuales, para la mitigación de CO_2 y el ahorro de energía, mediante, para mitigar o adaptarse frente a los impactos del cambio climático en el tiempo.

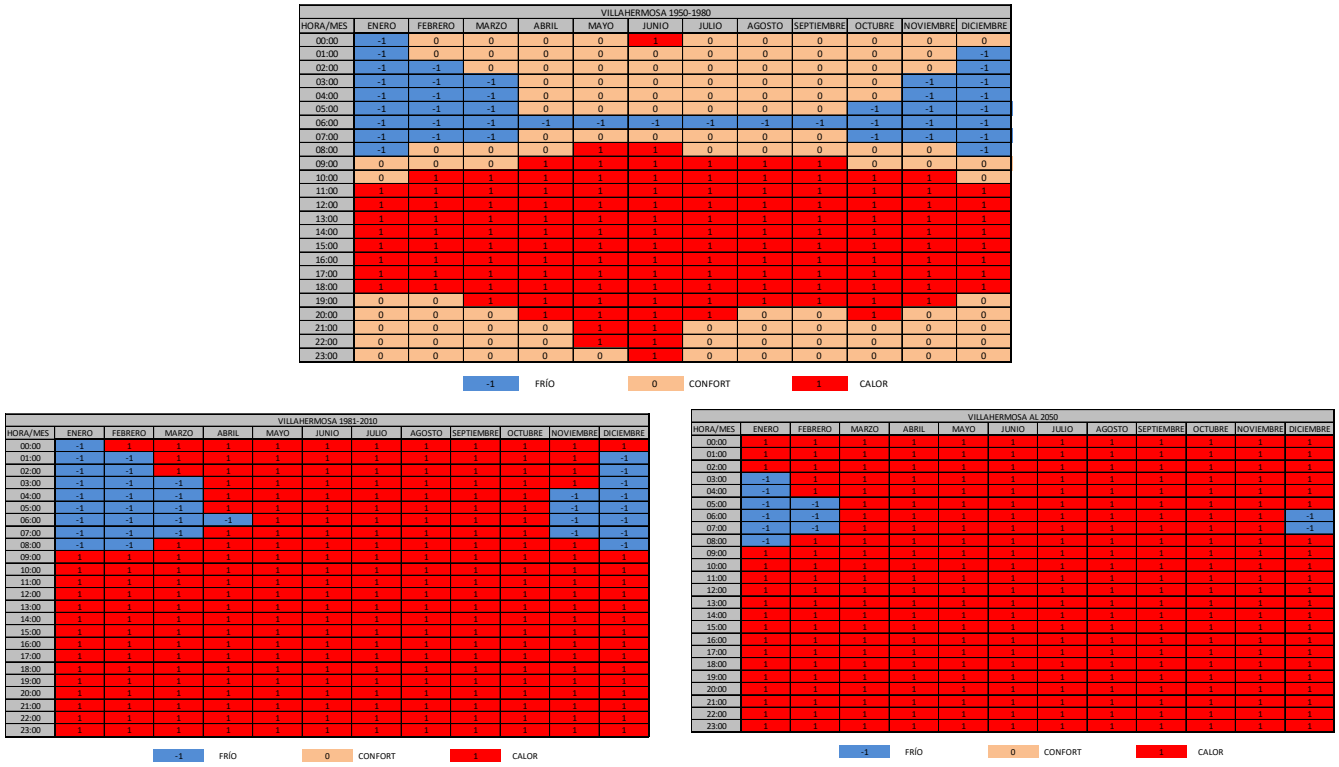
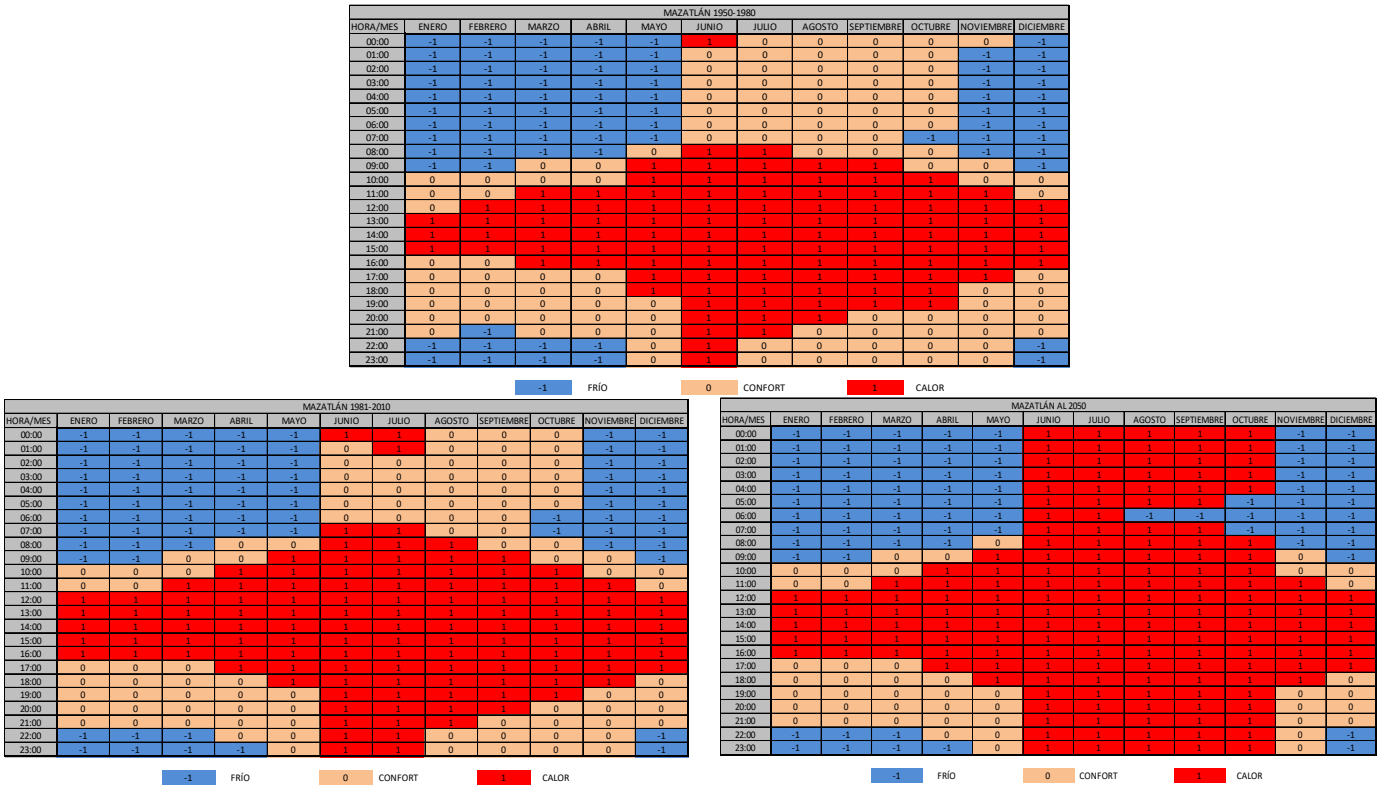


Figura. 6 Set de gráficos que muestran el impacto en el bioclima cálido húmedo: Villahermosa. Tab. (1951-1980, 1981-2010, al 2050). Fuente: Elaboración propia.



MAZATLÁN 1950-1980

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1
09:00	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	-1
10:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
11:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12:00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
18:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
19:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
20:00	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
21:00	0	-1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
22:00	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

MAZATLÁN 1981-2010

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	0	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	0	0	-1	-1
09:00	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	-1
10:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
11:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
19:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
20:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
22:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	0	0	0	0	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

MAZATLÁN AL 2050

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	-1	-1
09:00	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	-1
10:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
11:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
19:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
20:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
21:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
22:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	0	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	0	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

Figura. 7 Set de gráficos que muestran el impacto en el bioclima cálido subhúmedo: Mazatlán, Sin. (1951-1980, 1981-2010, al 2050). Fuente: Elaboración propia.

CIUDAD DE MÉXICO 1950-1980

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
10:00	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
14:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0
19:00	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
20:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
21:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
22:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

CIUDAD DE MÉXICO 1981-2010

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1
10:00	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
11:00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
13:00	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
14:00	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
19:00	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
20:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
21:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
22:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

CIUDAD DE MÉXICO AL 2050

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1
10:00	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
11:00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12:00	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
13:00	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
14:00	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
15:00	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
20:00	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
21:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
22:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

Figura. 8 Set de gráficos que muestran el impacto en el bioclima templado: Ciudad de México (1951-1980, 1981-2010, al 2050). Fuente: Elaboración propia.

MEXICALI 1950-1980

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	-1	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	-1	-1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	-1	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	0	-1	-1	-1
10:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	0	0	-1	-1
11:00	-1	-1	0	0	1	1	1	1	0	0	-1	-1
12:00	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	-1
13:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
14:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
15:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
16:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
17:00	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
18:00	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
19:00	-1	-1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	-1
20:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	0	0	0	-1
21:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	0	0	-1	-1
22:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	-1	-1	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

MEXICALI 1981-2010

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	-1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	-1	-1	-1
10:00	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1
11:00	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1
12:00	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	-1
13:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
14:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
15:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
16:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
17:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
18:00	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	-1
19:00	-1	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	-1
20:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	0	0	-1
21:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	0	-1	-1
22:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	0	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	0	-1	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

MEXICALI AL 2050

HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	0	0	-1	-1
10:00	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1
11:00	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
12:00	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	-1
13:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
14:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
15:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
16:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
17:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
18:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
19:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
20:00	-1	-1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	-1
21:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	0	-1	-1
22:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	0	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1

-1 FRÍO 0 CONFORT 1 CALOR

Figura. 9 Impactos en el bioclima cálido seco: Mexicali, BC (1950-1980, 1980-2010, al 2050). Fuente: Elaboración propia.

Se observa que en los climas cálido húmedo y subhúmedo los impacto frente al cambio climático con mayores en el bioclima, seguido del caso de clima cálido seco y menor impacto en el clima templado. A manera de resumen, en la figura 10, se presenta el aumento de las condiciones de calor en cada escenario y ciudad-clima.

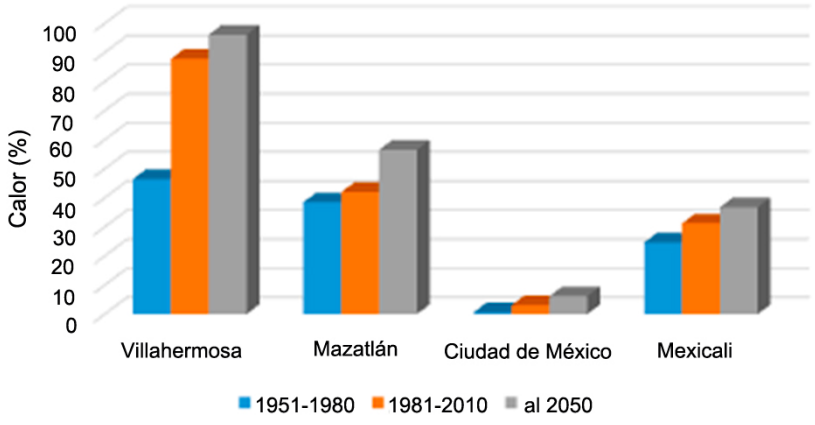


Figura. 10 Impacto del cambio climático en el porcentaje de calor por año en cada ciudad por escenario. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los impactos energéticos y ambientales en los edificios, para cada escenario-ciudad, se presenta en la Tabla 4, el aumento en días grado o requerimientos de climatización, la energía necesaria para ello y las emisiones de CO_2 relacionadas.

Tabla 4. Grados día, de consumo de energía y de CO_2, para casa escenario y ciudad:

Grados día de enfriamiento anula (ºC)			
Ciudad	**1951-1980**	**1981-2010**	**al 2050**
Villahermosa	894.25	775.63	720.86
Mazatlán	739.13	921.63	885.13
Ciudad de México	72	114.75	290.7
Mexicali	787.5	756	912
Consumo de energía (kWh/m²			
Villahermosa	35.57	30.85	28.67
Mazatlán	29.40	36.66	35.21
Ciudad de México	2.86	4.56	11.56
Mexicali	31.33	30.07	36.28
Emisiones de CO_2 (kg/m²)			
Villahermosa	29.21	25.34	23.55
Mazatlán	29.31	36.55	35.10
Ciudad de México	2.14	3.41	8.64
Mexicali	31.23	29.98	36.16

Retrospectivo, presente y futuro. Fuente: Elaboración propia.

En los climas cálido húmedo y templado se presentan mayores requerimientos de enfriamiento, en cuanto al consumo de energía, relacionado con la climatización de edificios, en clima templado y cálido seco y húmedo aumenta, no así en cálido húmedo. En cuanto a las emisiones de CO2, como son relacionadas con el consumo de energía, presenta el mismo comportamiento que el caso de la energía, aumentan las emisiones en el cálido seco, subhúmedo y en el templado, disminuyen en el cálido húmedo.

2. Conclusiones

Es evidente el impacto del cambio climático en el caso de Culiacán, Sinaloa, clima cálido seco, y con este ha impactado energética y ambientalmente, en la operación de los edificios, en la comparación de los escenarios del pasado, presente y en el futuro es la misma tendencia.

En el estudio de los bioclimas de las ciudades, el cambio climático se manifestó con el aumento de las temperaturas, por lo tanto, en menos horas de confort en el ambiente. Por lo anterior es importante el uso de materiales, sistemas constructivos y diseño adecuados en los edificios nuevos, esto es un diseño bioclimático resiliente, partiendo de las características climáticas futuras, con el fin de que sea aptos durante su vida útil frente el cambio climático.

El consumo de energía, en específico el uso final para la climatización de los edificios, con sistemas de aire acondicionado, aumentara frente al cambio climático, si los materiales y diseño, siguen los convencionales y utilizados actualmente. Entre los impactos, no se observa el aumento en el clima cálido húmedo, con la misma intensidad que en los demás climas del país, a pesar del aumento de las horas de calor, y esto sugiere que son necesarios más estudios y analizar más variables relacionadas con el consumo de energía.

Las emisiones de CO_2 son estimadas por el consumo de energía convencional, debido al origen de la energía que se usa en México, aproximadamente el 90 % de la misma tiene su origen en las energías no renovables (SENER, 2018), para cada escenario. Por otro lado, el esperado para el 2050, puede ser modificado, si se tuvieran beneficios y se cumplieran los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (ODS), de la Organización de Naciones Unidas (ONU), lo cual sería una esperanza para el mundo.

Todos los tipos de edificios; comerciales, de servicios, viviendas y públicos, deben considerar estrategias para mitigar o adaptarse frente al cambio climático, las bases para ello se tienen en los estudios del bioclima, con diseño bioclimático y resilientes.

Se debe impulsar el mejoramiento térmico de los edificios, mediante programas de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica, con sistemas pasivos, equipamiento de electrodomésticos eficiente y el aprovechamiento de las energías renovables, esto mediante normas, sistemas de certificación y programas de financiamiento.

Por último, inferimos de manera objetiva dadas las pruebas, que la habitabilidad terrestre y humana, se verán seriamente alteradas frente al cambio climático; para algunos autores, nos encontramos en una crisis urgente de atender, mientras que para otros e incluso para algunas organizaciones importantes como la ONU, aún no hay una visión o interés claro de estudiar la habitabilidad humana frente al cambio climático, sin embargo, los resultados de múltiples estudios hacen evidente que se deben tomar medidas de mitigación o definir estrategias de adaptación, en el corto y mediano plazo. En este trabajo se define el impacto en el bioclima, relacionado con el disconfort térmico, el consumo de energía y las emisiones de CO_2, por la climatización de los edificios, y agrega bases para las pautas de mitigación y adecuación de los edificios, además de estrategias

para adaptación de los futuros edificios ante los cambios esperados en el clima. Todo parece indicar, que las soluciones y la acción climática, para la protección de la habitabilidad humana, ya no dependen tanto de los hechos, sino de la voluntad de quienes tienen las capacidades y el poder para implementarlas, o en última instancia, cómo lo hemos visto con la actual pandemia de COVID-19 y con otros riesgos, dependerá de cómo el clima comience a afectar nuestras vidas, lo cual sería lo menos deseable y probablemente lo más lamentable.

Referencias

García, I., Morillón, D., Rokia, R. & Rusyssevelt, P. (2015). Modelling the energy and exergy utilization of the Mexican non-domestic sector: A study by climatic regions, *Energy Policy*, 77, pp. 191-206

García, C., Tapia, C. y Morillón, D. (2016). Cambio climático y los efectos en el bioclima cálido seco: Análisis retrospectivo y prospectivo, *Memorias de la XL Semana Nacional de Energía Solar,* CD, ABC-210, pp182-186, Puebla, México: Ed. Asociación Nacional de Energía Solar

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2010). *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990 – 2010,* Ed. INECC, México

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,* Volume 2 - Energy, P. 1.24*,* UNEP. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/

Meteonorm Software. (2020). Typical tear an historial time series-easily accessible, Software Version 8

Morillón, D. (2004). Human bioclimatic Atlas for Mexico, *Solar energy*, 76, pp 781-792.

Morillón, D. (2008). Bases para una hipoteca verde en México, camino a la vivienda sustentable, *Estudios de Arquitectura Bioclimática, Anuario 2007* ,Vol. IX pp.85-100. México: Editorial Limusa-UAMA

Morillón D., Escobedo A., y García I. (2015). *Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de energía en edificios residenciales, comerciales y de servicio*, México: Editorial II-UNAM

Morillon, D., Silva, R., López, R. y Espinoza, J. (2018). Impactos del cambio climático y el océano en el consumo de energía en los edificios: Análisis retrospectivo, presente y prospectivo, *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente,* pp 45-56

Preciado, O. y Morillón, D. (2013). Herramientas para el diseño de edificios bioclimáticos: Estudio del bioclima, diseño del control solar, radiación solar y potencial de iluminación natural, *Ingeniería de la energía solar para la sustentabilidad*, p 135-174. México: Ed., Editorial II-UNAM

Rosas, J., Rosa, D. & Morillón, D. (2010). Saturation, energy consumption, CO2 emission and energy efficiency from urban and rural households appliances en Mexico. *Energy and Buildings,* Vol. 43, pp 10-18

Santillán, N., y García, O. (2018). *Ambiente urbano 2050*, Mexicali, México: Ed. Universidad Autónoma de Baja California

Servicio Meteorológico Nacional. (2020). *Normales climatológicas*, CONAGUA. Recuperado de http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado

Secretaria de Energía. (2018). *Balance Nacional de Energía 2017*, México: Ed. SENER

Sheinbaum, C., (1994). Tendencias y perspectivas de la energía residencial en México, Análisis comparativo con las experiencias de conservación y eficiencia de los países de la OCDE, Tesis de Doctorado, México: UNAM

Wolfskill, L., Valenzuela, K. y Morillón, D. (2017). Impacto del cambio climático en el bioclima de las costas mexicanas: Retrospectiva, presente y prospectiva, *Memorias de la XLI Semana Nacional de Energía Solar,* pp 13-18.

CAPÍTULO 14

EFICIENCIA ENERGÉTICA: impactos potenciales en la habitabilidad de la vivienda social y en la habitabilidad terrestre

Aguilar Parra F.[1], e Ivanova A.[2]

[1] Maestro en Administración Integral del Ambiente. Doctorante en Ciencias Sociales, Desarrollo Sustentable y Globalización, Universidad Autónoma de Baja California Sur. E-mail: avmarcosparra@hotmail.com

[2] Profesora-investigadora, Depto. de Economía, Universidad Autónoma de Baja California Sur. E mail: aivanova@uabcs.mx

Resumen

El fomento de la eficiencia energética es una reconocida medida de mitigación del cambio climático debido a la disminución en la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ligada al ahorro de recursos energéticos. Este capítulo tiene el objetivo de mostrar la relación entre la eficiencia energética a nivel vivienda social con la disminución de las emisiones de GEI, la dignidad humana, la habitabilidad social y la habitabilidad terrestre humana. Después de explicar los principales conceptos y ofrecer un breve panorama de la evolución de la vivienda social en México, se aplica una metodología para evaluar el consumo eléctrico y las emisiones generadas por dos tipos de vivienda social en La Paz, Baja California Sur, una con aplicaciones bioclimáticas y otra convencional, presentando la viabilidad de disminuir las emisiones en una mayor escala. Concluimos que la multiplicación de la escala de implementación de la eficiencia energética a nivel vivienda social, es una vía importante para elevar la habitabilidad social y la habitabilidad terrestre humana, disminuyendo las emisiones de GEI y elevando el nivel de vida de los seres humanos.

Palabras clave: Habitabilidad, vivienda social, eficiencia energética, mitigación cambio climático, dignidad humana.

Abstract

The promotion of energy efficiency is a recognized measure of mitigation of climate change due to the decrease in the generation of greenhouse gases linked to the saving of energy resources. This chapter aims to show the relationship between energy efficiency at the level of social housing with the reduction of Greenhouse Gas Emissions (GHG), human dignity, social habitability and terrestrial human habitability. After explaining the main concepts and offering a brief overview of the evolution of social housing in Mexico, the applied method consists of a case study of social housing in La Paz, Baja California Sur, which presents the feasibility of reducing emissions. We conclude that the multiplication of the scale of implementation of energy efficiency at the level of social housing is an important way to increase social habitability and terrestrial human habitability, reducing GHG emissions and raising the standard of living of human beings.

Keywords: Habitability, social housing, energy efficiency, climate change mitigation, human dignity.

Introducción

La eficiencia energética en edificaciones posee un triple potencial que hasta hoy ha pasado desapercibido: la posibilidad de mejorar la habitabilidad en la vivienda, elevar el nivel de vida de sus moradores y la de mitigar el cambio climático (CC). Es decir, en el primer caso tenemos que a través de la eficiencia energética podemos mejorar las condiciones de la vivienda haciéndola más confortable, aumentando con ello las condiciones dignas de habitar. En el segundo, a través del ahorro energético ligado a la eficiencia energética en las viviendas, se estaría generando una cantidad menor de emisiones, lo cual implementado en grandes escalas, representa un potencial importante para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero derivadas del consumo de electricidad, principalmente dióxido de carbono (CO_2), contribuyendo de manera positiva a la habitabilidad terrestre.

Es así, que teniendo estos beneficios en consideración, abordaremos la proposición de la relación habitabilidad-dignidad-eficiencia-energética-reducción de emisiones, tomando como encuadre el sector de la vivienda social y explorando la relación entre habitabilidad y mitigación del CC, por medio de la mejora de la eficiencia energética en edificaciones.

1. La eficiencia energética como acción de mitigación del cambio climático

Para entrar en materia, procederemos a revisar la trascendencia de la eficiencia energética desde una perspectiva global. Según indica la *International Energy Agency* (IEA), la producción de energía es la principal fuente generadora de Gases Efecto Invernadero (GEI) a nivel global (IEA, 2019). Esta tendencia está asociada al hecho de que la mayoría de la energía global se genera a partir de recursos no renovables, principalmente petróleo y carbón, que son quemados para producirla.

El *Panel Intergubernamental en Cambio Climático* (IPCC) ha documentado varias opciones de reducciones de GEI de manera económica, destacando entre éstas la inversión en eficiencia energética. El V Informe Evaluativo del IPCC presenta el potencial de los sectores económicos para disminuir emisiones de GEI, ocupando el primer lugar el sector de edificios (seguido por industria y transporte), donde abundan las oportunidades de bajo costo para avanzar hacia la estabilización climática (IPCC, 2014). De acuerdo a Duke y Lashof (2008), para el año 2050, la eficiencia energética podría disminuir las emisiones de CO_2 en Estados Unidos en 40%: 16% sector edificios y construcción, 13% sector transportes y 11% sector industrial.

De acuerdo al Informe sobre el Impacto de la Eficiencia Energética (American Council for Energy Efficient Economy [ACEEE], 2020) desde 1980, sin las inversiones en eficiencia energética, el consumo de energía y las emisiones de GEI relacionados serían 60 % más altos de las actuales, y los consumidores hubieran pagado 800 mil millones de dólares más de lo que han desembolsado. En Estados Unidos seis políticas han contribuido para el 20 % de este impacto, siendo las de mayor importancia los estándares para emisión de vehículos y los estándares de equipo y electrodomésticos.

Acontecimientos importantes como el Club de Roma en 1968 y el acuñamiento del concepto de desarrollo sostenible por Harlem (1987), así como La Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, sirvieron de antecedentes para la firma del protocolo de Kioto en 1997, centrado en reducir emisiones. La adopción del Acuerdo de París de 2015, marca un paso adelante en la política climática internacional y pone fin a años de negociaciones sin éxito. El Acuerdo crea un proceso global de compromiso, seguimiento, ejercicios regulares de inventario y acciones de cooperación (Streck, Keenlyside y von Unger, 2016). Ciento noventa y cinco países presentaron sus compromisos en forma de Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC). El objetivo central del Acuerdo de París es fortalecer la respuesta global a la amenaza del cambio climático limitando al aumento de la temperatura global en este siglo muy por debajo de 2 ° C, sobre de los niveles preindustriales, y continuar los esfuerzos para no permitir el aumento de temperatura más de 1.5 ° C. Además, el acuerdo tiene como objetivo aumentar la capacidad de los países para afrontar a los impactos del cambio climático y hacer que los flujos financieros sean consistentes con una emisión baja de GEI y una vía de desarrollo sustentable (Ivanova y Cuevas, 2019). Las NDC de los países reflejan su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que cada país establece sus propios objetivos y acciones (Wadhwa, Mani, Hussein y Gopalakrishnan 2018). Por lo tanto, las prioridades y necesidades divergentes fueron reflejadas mediante un proceso aceptable para todos los países, bajo la guía de los principios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Dagnet et al., 2016).

Sobre la firma del acuerdo, los compromisos de México fueron la reducción no condicionada el 25% de sus emisiones de GEI hacia 2030, así como “reducir sus emisiones del sector industria generando el 35% de energía limpia en 2024 y 43% al 2030” (Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO], 2016).

2. Habitabilidad, eficiencia energética, confort térmico y dignidad en la vivienda

Asentados tanto la importancia y el potencial de impacto ambiental positivo de la eficiencia energética, estableceremos el enfoque de los conceptos que nos competen: Habitabilidad, eficiencia energética en edificaciones, confort térmico y dignidad en la vivienda.

La habitabilidad está relacionada con la manera en que un edificio promueve la calidad de vida de sus ocupantes a partir de las condiciones que lo constituyen. Dentro del contexto de las edificaciones, la eficiencia energética en edificaciones se refiere a la optimización de los recursos energéticos en una edificación (Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency [NRCOEE], 2011). Este máximo aprovechamiento de la energía es obtenido a partir de un buen diseño del edificio y nos fija mejores condiciones de cara al ahorro de energía. En el ámbito de las edificaciones existen dos importantes variables a tomar en cuenta para la eficiencia energética: el uso racional de la energía y el mantenimiento de los niveles de confort térmico. La primera nos remite a las buenas prácticas en el uso de la energía ya que los beneficios derivados de un buen diseño, podrían perderse fácilmente si se hace un uso desmedido de ésta. La segunda tiene que ver con el hecho de que no deberíamos sacrificar el confort del usuario por ahorrar energía, sino que el principal objetivo será promoverlo.

Teniendo en cuenta que el confort térmico está ligado a la promoción de un estado de bienestar físico y psicológico del ocupante del edificio, a partir de que éste promueva una temperatura interior que así lo permita, podemos observar la estrecha relación entre habitabilidad y confort térmico: a mayor confort térmico, mayor bienestar, lo cual abona a la calidad de vida de los moradores y por ende, a la conformación de las bases de su dignidad humana y a la habitabilidad del edificio.

Finalmente, toca analizar las implicaciones entre vivienda y dignidad humana. Dentro de las conceptualizaciones de dignidad más influyentes tenemos a Kant, que la definió como un máximo valor cuyo precio no puede ser tasado, exclusivo de las personas y en cuya conformación la autonomía forma un papel crucial (Kant, 2016).

Esto se compagina perfectamente con Krause, quien postuló el derecho a la vivienda como una de las bases para el desarrollo humano (Krause, 1851 en Querol, 2000). En lo sucesivo, serían

Marx y Engels quienes se preocuparían por destacar el papel de la vivienda para la sociedad, denunciando las condiciones insalubres en las que vivían los obreros en las nacientes ciudades producto de la Revolución Industrial.

Ello, en complemento con la lucha internacional por los Derechos Humanos, finalmente fraguó en la postulación del derecho a la vivienda en la Declaración Universal de los Derechos Humanos en 1948. En ella se establece en su artículo primero que "todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos" (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2005).

Sin embargo, hay una distancia tanto histórica como conceptual respecto a nuestros días con los postulados kantianos, por lo que nos resulta más estratégico tomar el concepto de dignidad de Torres, a su vez fundamentada en Kant:

> Se define la Dignidad Humana como la cualidad inmanente de todos los seres humanos por el hecho de serlo. Se encuentra íntimamente ligada a sus valores y aspiraciones y a su capacidad de elección; de ella depende la autorrealización propia del ser y por tanto, es obligatorio para el Estado respetarla y defenderla de sí mismo y de terceros. (Torres, 2015, pág. 23)

Un aspecto importante que sintetiza esta definición para nuestro estudio, es el hecho de que en la dignidad estriba la realización de las personas, es decir, en la autonomía que se pueda generar a partir de las condiciones mínimas para el desarrollo humano, como revisamos postuló Krause. En nuestro caso, estos requisitos remiten a una vivienda de condiciones básicas que sirva como base para el desarrollo de un individuo.

3. Las siete condiciones para la vivienda adecuada de la ONU

Existen diferentes definiciones y tipologías que postulan las condiciones básicas en la vivienda que recién referimos. De entre ellas, nos remitiremos a las Siete condiciones de la vivienda adecuada de la ONU (2010) porque, además de estar relacionadas directamente con las características materiales y servicios mínimos que debe reunir una vivienda para permitirnos alcanzar mejores niveles de desarrollo humano, su concepción está ligada al concepto de la dignidad humana en sí, pues representa una continuidad de la Declaración Universal de los Derechos Humanos que ellos encabezaron.

La totalidad de las condiciones que la ONU, postula para la existencia de la vivienda adecuada son: (i) seguridad de tenencia, (ii) disponibilidad de servicios, materiales e infraestructura, (iii) asequibilidad, (iv) habitabilidad, (v) accesibilidad, (vi) ubicación y (vii) adecuación cultural (*ibídem*).

Dentro de dicha definición, la habitabilidad está conformada por: seguridad estructural, espacio suficiente, protección contra elementos climatológicos y protección contra riesgos de la salud. Es notorio cómo dentro de dicha noción de habitabilidad no figura el confort térmico, si consideramos que, como ya referimos, la habitabilidad es la capacidad de un edificio para promover la calidad de vida de sus ocupantes y que el confort térmico puede abonar a ese objetivo.

También podemos notar cómo todos los atributos de la habitabilidad de la ONU son eminentemente antropocéntricos. Así, la eficiencia energética tanto ligada al confort térmico como a la mitigación del cambio climático, surge como un gran aporte a esa construcción de atributos, incluyendo al ambiente. Siendo cabales, la eficiencia energética no se adapta a ninguna de las siete condiciones originales, por lo que podríamos tomarla en cuenta como la octava condición, la responsividad ambiental. Lo que sería una aportación a la definición de la vivienda adecuada.

4. Eficiencia energética y habitabilidad en la vivienda social en México

Si bien, hemos atendido a las implicaciones de la eficiencia energética en edificaciones y la habitabilidad, esto ha sido desde una perspectiva general y global, por lo que procederemos a centrarnos en la escala nacional, enmarcando a su vez, el entorno para el estudio de caso que realizaremos en las secciones subsecuentes.

5. La implementación de la eficiencia energética en edificios en México

La crisis internacional del petróleo en la década de 1970 llevó a las naciones a un replanteo de sus políticas energéticas. En el caso de México, por entonces contaba con recientes hallazgos en reservas probadas, las cuales aumentaron 1730 % entre 1970 y 1983 (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas [CEFP], 2001, pág. 7). Fue el contexto de crisis económica mexicana en la década de 1980 lo que condujo a una menor actividad exploratoria y a un replanteamiento de las políticas energéticas (*Ibídem*).

Así, los inicios en la promoción de la eficiencia energética nacional nos remontan hasta 1980, cuando la Comisión Federal de Electricidad (CFE) crea el Programa Nacional para el Uso de Energía, seguido del Programa de Conservación y Ahorro de la Energía en 1984 por parte de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y sería en 1989 que se crearía la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), como el organismo con mayor autoridad en el ámbito de la eficiencia energética, conocido como la Comisión Nacional para el Uso eficiente de la Energía (CONUEE) desde 2008 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018).

Otras iniciativas importantes son la creación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE) por parte de CFE, del que se han derivado diversos programas tanto en el sector empresarial como en el residencial. De ellos destaca "Horario de Verano" enfocado en hábitos energéticos, así como "Ahórrate una luz" centrado en sustitución de equipos de iluminación por versiones más aficientes y también podemos destacar el programa "Mejoramiento Integral Sustentable en vivienda", centrado en créditos para ecotecnologías y aislamiento térmico en la vivienda.

En materia de eficiencia energética en vivienda social, en 2007 el Instituto del Fondo Nacional para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) desarrolló el programa iniciativa Hipoteca Verde, centrado en créditos a ser utilizados en la adquisición de equipamiento enfocado en la eficientización del consumo de agua, electricidad y gas[1] (INFONAVIT, 2018). Éste sería la base de una etapa posterior más ambiciosa, el proyecto de INFONAVIT sobre promoción de vivienda sustentable: SISEVIVE Ecocasa (en lo sucesivo, Ecocasa). El sistema iniciado en 2014 persigue como objetivo principal evaluar el "comportamiento energético e impacto ambiental de la vivienda" (Sielfield, 2013, pág. 11), teniendo en cuenta el consumo energético e hídrico así como los componentes de susentabilidad de un desarrollo de vivienda en su conjunto (Aguilar-Parra, 2015). De esta manera, se construye con los montos de crédito adicionales de Hipoteca Verde y se evalúa con Ecocasa.

La Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) ha declarado que en 2016 se construyeron 27,600 viviendas bajo el sistema Ecocasa (Redacción Aristegui Noticias, 2016). Éstas, en promedio evitan

1 También se cuenta con iniciativas más ligadas a la vivienda sustentable como los Códigos de Edificación Sustentable (2006-2017) de la Comisión Nacional de Vivienda, los Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS) o la publicación de normas como la NOM-ENER-2011 centrada en eficiencia energética en edificaciones o la NMX-AA-164-SCFI-2014 sobre vivienda sustentable.

emisiones de CO_2 del 20 % por unidad (Infante, s/f). Con ello se plantea prevenir la generación de un millón de toneladas de CO_2 a un horizonte de 40 años (*Ibídem*). Asimismo, INFONAVIT y SHF anunciaron que a las viviendas anteriores se le sumarán más unidades entre 2019 y 2022, arrojando un total de 44,400 y en conjunto, estarían evitando 1.7 millones de tCO_2 en el mismo horizonte de 40 años (*Ibídem*). Para ello, están usando créditos de entidades como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y El Ministerio Federal para la Cooperación y el Desarrollo Económico de Alemania (BMZ, por sus siglas en alemán), quienes aportarían 283 millones de dólares y cobrarían 830 (*Ibídem*).

6. Breve panorama histórico de la vivienda social en México

La postulación del derecho a la vivienda digna, fue instituida en México desde 1917 en el 123 Constitucional. A partir de ello y en atención de la demanda de vivienda ligada a las crecientes empresas petroleras y de otros sectores, a principios del siglo XX el Estado mexicano asumió la función social de dotar de vivienda a los trabajadores (Sánchez, 2012). Esto fue a través de un sistema de organizaciones de vivienda social para otorgar los créditos que inició con la Dirección de Pensiones Civiles en 1925 y tuvo su máximo logro con la consumación del INFONAVIT en 1972. A partir de 1980, la construcción de vivienda social tuvo un gran auge en México. En aquel esquema, INFONAVIT se ocupaba de todos los procesos, desde la gestión, asignación y cobro de créditos, la selección y compra estratégica de terrenos, hasta la construcción de los edificios.

Durante el mandato de Carlos Salinas (1988-1994) se gestó una serie de reformas desregulatorias como la liberalización de la banca privada (1989) y del suelo. Como continuidad de estas reformas, en 1995 y a petición del Banco Mundial, INFONAVIT se limitó a a la gestión del crédito de las viviendas, quedando todos los demás aspectos del proceso abiertos a la iniciativa privada (García, 2010), los cuáles consistieron en "compra de suelo, construcción, obtención de crédito a la demanda y venta de la vivienda" (Villavicencio y Durán, 2003, párr. 28).

Esto provocó el crecimiento desmedido de las ciudades, puesto que los desarrolladores privados, adquirían los lotes más baratos que a su vez eran los más alejados de las manchas urbanas existentes. Aunado a ello, la no supervisión directa de INFONAVIT del proceso de construcción y las ambiciosas metas de construcción de vivienda social de Vicente Fox y Felipe Calderón provocaron que las viviendas se construyeran de una manera cada más precaria, tanto en materiales como en

dotación de servicios (Sánchez, 2012, pág. 19).

En el sexenio de Enrique Peña (2012-2018) esta tendencia continuó, resultando en fraccionamientos enteros de vivienda social con casas sin terminar o en condiciones ruinosas y sin los servicios básicos, como detalladamente se reporta en la cobertura de *Los Angeles Times*: "La debacle de la vivienda en México" (Marosi, 2017). Baja California Sur (BCS) no fue la excepción a esta tendencia. Por infortuna podemos nombrar el caso de un edificio multifamiliar construido al cauce de un arroyo y que fue derrumbado por la tormenta tropical "Lidia" en Cabo San Lucas (La Jornada, 2017).

Además de las irregularidades existentes en las viviendas, desde que en México se inició la construcción de desarrollos de interés social en 1940, se requirió de modelos genéricos para poder construir en masa. Además de la carencia de identidad de las viviendas, su diseño no tomó en cuenta el clima de las ciudades donde se edificó, lo que contribuyó y sigue contribuyendo a la conformación de viviendas con bajos niveles de eficiencia energética (Andrade y Morillón, 2007, pág. 93), lo cual afecta negativamente sus niveles de habitabilidad. Así, se registra que el 61 % de los habitantes de las viviendas de interés social de La Paz manifiestan que sus viviendas les resultan "poco confortables" durante el verano (Romero et al., 2011, pág. 28).

Los antecedentes teóricos y empíricos sobre la promoción de la dignidad humana en la vivienda social a más de cien años de su inclusión como un derecho de los trabajadores, sin duda nos someten a la reflexión sobre el cumplimiento de tal encomienda. Si bien, los casos de desarrollos completos edificados en zona de riesgo o pobremente construidos, no representan una fracción mayoritaria del universo en cuestión, las viviendas sociales con bajos niveles de confort térmico sí son una constante presente en los fraccionamientos de interés social, y en función de los impactos sociales y ambientales que de ello se derivan, es un imperativo hacer visible el problema de la habitabilidad.

7. Estudio de caso: Vivienda bioclimática de Interés social en La Paz, México

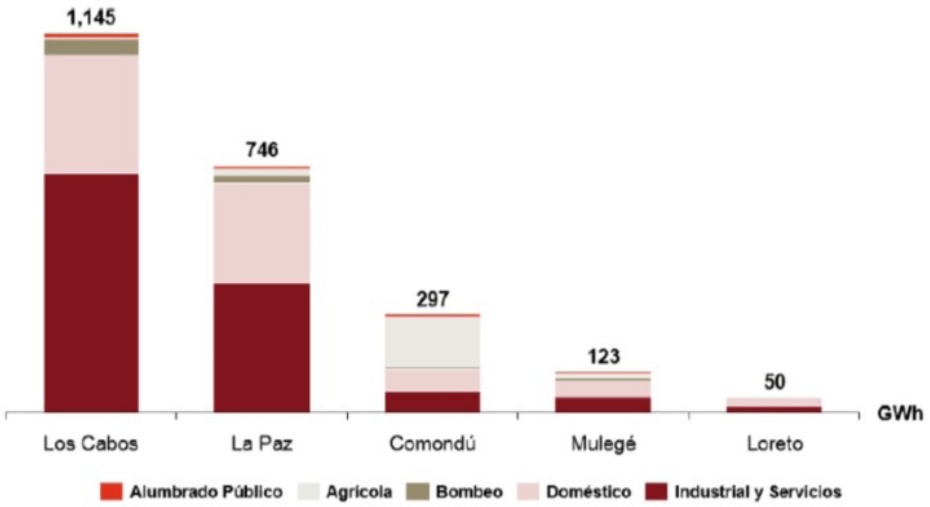
En este apartado atenderemos un análisis comparativo entre el consumo eléctrico y las emisiones de dióxido de carbono entre un prototipo de vivienda de interés social con mejoras bioclimáticas contra uno que no las posee.

Antecedentes

En México, la mayor proporción de la energía se genera partir de recursos no renovables como petróleo crudo, gas y carbón, que en suma representan el 84.5 % de las fuentes energéticas (Secretaría de Energía [SENER], 2018, pág.23). Asimismo, durante 2017, el sector donde se consumió la mayoría de esa producción fue el correspondiente a Transporte con 44 % y en el caso del sector residencial, su porcentaje fue de 17.6 %, (SENER, 2018, pág. 35).

Respecto a la ciudad de La Paz, el 93 % de la electricidad que abastece al estado proviene de recursos no renovables, principalmente diésel y combustóleo (Secretaría de Finanzas de Baja California Sur [SECFIN BCS], 2016, pág.47). La mayoría de la electricidad se destina al sector industrial y de servicios, teniendo el sector residencial el segundo lugar en consumo (SECFIN BCS, 2016, pág.46), como podemos apreciar en la Figura 1.

Figura 1. **Demanda eléctrica por sector en Baja California Sur (2016)**



Fuente: SECFIN BCS (2016, pág.46).

Los impactos negativos de la generación de electricidad en La Paz se presentan principalmente en materia de contaminación atmosférica. Dicha generación en conjunto con las partículas despedidas por caminos no pavimentados, representó la principal fuente generadora de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en el municipio, contribuyendo con una proporción de 39 y 43 por ciento, respectivamente (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2018, pág. 10). De acuerdo a

la Organización Mundial de la Salud (OMS), algunos de los efectos de la contaminación atmosférica urbana es que "aumenta el riesgo de padecer enfermedades respiratorias agudas, como la neumonía y crónicas como cáncer de pulmón y las enfermedades cardiovasculares" (OMS, 2016 en SEMARNAT, 2018, pág. 11).

Justificación

Existen distintos criterios que soportan la selección de La Paz, Baja California Sur, como área de estudio. Entre los principales encontramos:

- Alto coeficiente de generación de emisiones: 0.892 kg CO_2 eq por KWh en La Paz (Bermúdez-Contreras, Ivanova-Boncheva y Martínez, 2014) contra la media nacional de 0.505 kg CO_2 eq por KWh (Comisión Reguladora de Energía [CRE], 2020).
- Baja California Sur ostenta la mayor tasa de crecimiento en el consumo anual de energía en el país con 4.3 % (SENER, 2018), del que el municipio de La Paz es el segundo mayor consumidor (SECFIN BCS, 2016).
- Se ha reportado que las viviendas sociales en el bioclima cálido seco al que pertenece La Paz presentan baja eficiencia energética (Andrade y Morillón, 2007, pág. 91).
- La mayoría (60.7 %) de los moradores de las viviendas sociales de La Paz han declarado que no se sienten confortables dentro de sus viviendas durante el verano (Romero et al., 2011).
- La mayoría (93 %) de las personas ha declarado sentirse confortable en la vivienda prototipo con mejoras bioclimáticas (Urcid, 2015, pág. 51). Esto contribuiría al desarrollo humano de sus ocupantes.

Características del prototipo bioclimático de vivienda social

La vivienda de 34.54 m^2 fue diseñada y construida por investigadores de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) bajo un presupuesto de interés social con aplicación de estrategias bioclimáticas pasivas.

Cuenta con espacios de sala-comedor, cocina, baño y dos recámaras. Los materiales empleados en los muros son block hueco de cemento con mortero cemento-arena y, con el fin de proteger algunas de las zonas de la radiación solar, algunos de éstos poseen una capa de recubrimiento de "tabique de adobe" (Reséndiz et al., 2018). La losa es de vigueta de concreto y bovedilla de poliestireno. Las aplicaciones bioclimáticas empleadas son: "ventilación cruzada, orientación estratégica, elementos de sombreado" (Aguilar-Parra, 2015, pág. 127), entre otras. Empero, su fachada principal tiene orientación sur, lo cual no es lo más apropiado para su eficiencia energética en el bioclima cálido seco.

Cálculo de emisiones

Realizamos una comparación entre la generación de emisiones de CO_2 entre dos prototipos de viviendas de interés social. Se consideraron las mismas características constructivas, ubicación geográfica, climatología y orientación, la diferencia radica en que uno cuenta con las aplicaciones bioclimáticas y materiales adicionales recién descritos, por lo que lo que llamaremos prototipo bioclimático, mientras su contraparte prescinde de las mismas y lo identificaremos como prototipo estándar

1. Consumo eléctrico. Calculamos el consumo eléctrico general anual (iluminación, electrodomésticos, refrigeración) de dos ocupantes para cada prototipo, ingresando la información de los prototipos (materiales, dimensiones, ubicación, orientación, climatología) al programa Design Builder Software Ltd[2]. Para los patrones de consumo eléctrico tomamos en consideración los datos de la Encuesta Nacional sobre consumo de Energéticos en Viviendas particulares (ENCEVI) 2018 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2018) de la Región cálida extrema, proyectando el uso de sistemas de aire acondicionado de junio a septiembre.

A partir de los datos introducidos, obtuvimos que en una corrida anual, el prototipo sin mejoras demandaría un consumo de 6,939.44 KWh mientras el prototipo bioclimático 6,716.68 KWh. Comparando ambas magnitudes, encontramos que el prototipo bioclimático consumiría 3.21% menos electricidad en comparación con el prototipo estándar.

2 No se consideraron equipos adicionales de alta eficiencia pues se busca identificar el comportamiento de los prototipos sin auxiliares adicionales ni mayores inversiones.

2. Cálculo de emisiones. Para estimar la generación de $CO_{2,}$ a los consumo eléctricos se aplicó el coeficiente de generación de dióxido de Carbono para la zona de La Paz determinado por Bermúdez-Contreras et al. (2014): 0.892 kg CO_2 eq por KWh. Si bien, la CRE sugiere un factor de emisiones menor de 0.505 kg CO_2 eq por KWh (CRE, 2020), éste representa un promedio nacional. El hecho de que el factor local sea más elevado estriba en el origen altamente contaminante de su generación: el combustóleo (Bermúdez-Contreras et al., 2014). En ello radica la importancia de evitar emisiones en el área de estudio.

3. Resultados y análisis. De acuerdo al método aplicado, en la Tabla 1 podremos observar los resultados obtenidos.

Logramos identificar que se podrían evitar 198.71 kg CO_2 eq si se emplea el prototipo bioclimático. Haciendo una proyección de 4000 unidades de vivienda social nueva, las emisiones no generadas ascenderían a 794, 840 kg CO_2 eq en un año, es decir 0.794 tCO_2. Todo esto sin mayores inversiones en las viviendas: recordaremos que es producto de la aplicación de estrategias bioclimáticas respetando el presupuesto de interés social (Aguilar-Parra, 2015).

Tabla 1. ***Emisiones evitadas por prototipo.***

Descripción	Consumo eléctrico anual		Factor de emisión	Emisiones anuales
Prototipo estándar	6,939.44 KWh	x	0.892 kg CO_2 eq por KWh	= 6,189. 98 kg CO_2 eq
Prototipo mejorado	6,716.68 KWh	x	0.892 kg CO_2 eq por KWh	= 5, 991.27 kg CO_2 eq
Emisiones evitadas con el prototipo mejorado				= 198.71 kg CO_2 eq
Emisiones evitadas con proyección a 4000 unidades				= 794, 840 kg CO_2 eq

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar el impacto potencial, retomemos los datos del programa Ecocasa. En total construirán 44,400 viviendas bajo dicho sistema y con ello se dejarán de emitir 1.7 millones de tCO_2 (Infante, s/f). En comparativa, a las 4,000 viviendas de la UABCS les tomaría menos de tres años evitar la generación del mismo CO_2 que las 44, 400 viviendas de Ecocasa en 40 años, sin ningún tipo de inversión extraordinaria.

Asimismo, la implementación de estas variantes prototípicas de vivienda, representa un gran potencial para contribuir al aumento de la habitabilidad que las viviendas ofrecen a sus moradores, ya que como revisamos, el 93% de los usuarios se sintieron cómodos en la vivienda de la UABCS (Urcid, 2010, pág. 51), lo cual representa un aumento potencial en los niveles de calidad de vida y en la base de la conformación de la dignidad de sus ocupantes, contribuyendo a las condiciones dignas de habitar que como revisamos, presenta un rezago histórico importante a nivel vivienda social en México.

8. Conclusiones

Si bien, la cartera de vivienda de social de La Paz puede ser modesta si la comparamos con el escenario nacional, por la naturaleza altamente contaminante de la generación local de energía eléctrica, totalmente a partir de combustóleo, la ciudad representa un importante potencial en prevención de emisiones. Asimismo, estas acciones de prevención de CO_2 son escalables, toda vez que La Paz abastece eléctricamente a la mayor parte del estado de Baja California Sur.

De acuerdo a la metodología aplicada, identificamos que mediante la implementación de estrategias bioclimáticas en un prototipo de vivienda social, se obtuvo una mejora en la eficiencia energética con ahorros del 3.21 % en el consumo de electricidad, teniendo en consideración tanto iluminación, aparatos eléctricos como sistemas de refrigeración.

Entre los mayores aportes de la vivienda mejorada, encontramos que existe una diferencia importante entre la reducción de emisiones de dióxido de Carbono. Atendiendo a los resultados, con sólo 4,000 unidades del prototipo del equipo de la UABCS, en menos de tres años se podría evitar igual volumen de emisiones de CO_2 que con las 44,400 casas proyectadas a 40 años de Ecocasa.

Asimismo, el crédito de 800 millones de dólares necesario para implementar el programa Ecocasa de INFONAVIT otorgado por las diversas entidades bancarias referidas, podría ser evitado, beneficiando con ello la economía nacional.

Finalmente, la mejora de la eficiencia energética en las viviendas sociales implementando prototipos de vivienda como el de la UABCS, fomentaría el confort térmico, como así lo comprobó Urcid (2015), beneficiando con ello la salud y la economía de miles de familias. Así, al mejorar las condiciones de habitabilidad, se estaría contribuyendo a la conformación de las bases de la dignidad humana de sus moradores.

Para aumentar los beneficios de los prototipos bioclimáticos, podrían aprovecharse los créditos de hipoteca verde y sumar los ahorros energéticos derivados de dichas adecuaciones, causando un mayor impacto positivo en la calidad de vida de las personas y en el ambiente.

Para concluir, resaltaremos que mientras mayor sea la escala de implementación de la eficiencia energética en las viviendas sociales, mayor será el impacto sobre la habitabilidad social, así como sobre la habitabilidad humana a través de la disminución de las emisiones de GEI y la elevación del nivel de vida de los moradores de la vivienda, aportando a una de las premisas básicas para la conformación de la dignidad humana: la vivienda digna.

Agradecimientos

Agradecemos a los Dres. Alfredo Bermúdez Contreras y Federico Poujol Galván, cuya asesoría fue un apoyo importante para la realización del presente.

Referencias

ACEEE. (2020). Energy Efficiency Impact Report. Recuperado de https://energyefficiencyimpact.org/

Aguilar-Parra, F. (2015). *Eficiencia Energética en Edificaciones: Barreras y oportunidades en la vivienda social de La Paz, Baja California Sur.* Ciudad de México: Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, Universidad Nacional Autónoma de México.

Andrade, A., y Morillón, D. (2007). Diagnóstico del comportamiento térmico, energético y ambiental de la vivienda de interés social en México: Retrospectiva y prospectiva (2000-2012). En H. Gonçalves, y S. Camelo (Eds.), *Los Edificios en el Futuro, Estrategias Bioclimáticas y Sustentabilidad* (págs. 83-94). San Luis, Argentina: INETI.

Bermúdez-Contreras, A., Ivanova-Boncheva, A., & Martínez, J. (2014). A methodology to estimate the potential of grid-conected PV residential systems for greenhouse gas emission reductios. *WIT Transactions on Ecology and The Environment, 191* (2), 1089-1100.

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. (2001). *Evolución y Perspectiva del Sector Energético en México, 1970-2000.* Recuperado de https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0512001.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2018). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018.* Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43612/1/S1800496_es.pdf

Comisión Reguladora de Energía. (2020). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019.* Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538473/Factor_emision_electrico_2019.pdf

Dagnet, Y., Waskow, D., Elliott, C., Northrop, E., Thwaites, J., Mogelgaard, K.,…Mcgray, H. (2016). *Staying on Track from Paris: Advancing the Key Issues of the Paris Agreemen*t. Recuperado de http//www.wri.org/ontrackfromparis

Duke, R. & Lashof, D. (2008). *The New Energy Economy: Putting America on the Path to Solving Global Warming*. Recuperado de https://www.nrdc.org/sites/default/files/eeconomy.pdf

García, B. (2010). Vivienda social en México (1949-1999): actores públicos, económicos y sociales. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, *3* (5), 34-49.

Harlem, G. (1987). *Our common future.* Recuperado de https://web.archive.org/web/20111201061947/http://worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf

IEA, International Energy Agency. (2019). *World Energy Outlook*. Recuperado de https://www.iea.org/weo/energyandclimatechange/

Instituto Mexicano para la Competitividad. (2016). *México ratifica el acuerdo de París sobre cambio climático.* Recuperado de https://imco.org.mx/mexico-ratifica-el-acuerdo-de-paris-sobre-el-cambio-climatico/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares ENCEVI 2018.* Recuperado de https://www.inegi.org.mx/programas/encevi/2018/

Infante, E. (s/f). *Financiamiento de proyectos: barreras y oportunidades.* Recuperado de https://www.inecc.gob.mx/dialogos/dialogos1/images/documentos/Dialogo%203/Ernesto_Infante.pdf

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. (2018). *Hipoteca verde*. Ciudad de México. Recuperado de https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/hipoteca-verde/!ut/p/z1/pZJbC4JAEIV_jaOqLlYb2uYF6QLKNm-hMW2GuqGWf79xJ6CUqF5m-E7M4fDAIMEWJU-c5E2uazSousPjByJi-gtZ9raDVDH3caOtrFuBzPPhP0AYBBCgP2

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *AR5 Climate Change 2014: Working Group III Contribution to the IPCCs Fifth Assessment Report.* Recuperado de https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/

Ivanova, A., y Cuevas, A. (2019). Cómo las políticas de mitigación del mecanismo de Cooperación Económica de Asía-Pacífico (APEC) contribuyen a alcanzar la meta de 1.5%C. En J. Rueda (ed.) ¿Aún estamos a tiempo para el 1.5° *C? Voces y visiones sobre el Reporte Especial del IPCC* (pp. 35-50). PINCC, UNAM, .

Kant, M. (2016). *Fundamentación de la metafísica de las costumbres.* Ciudad de México: Editorial Porrúa.

La Jornada, (2 de septiembre de 2017). Lidia deja 5 muertos en BCS; en albergues, más de 5 mil personas. *La Jornada, UNAM*. Recuperado de http://www.jornada.unam.mx/2017/09/02/estados/024n1est

Marosi, R. (26 de Noviembre de 2017). La debacle de la vivienda en México. *Los Angeles Times*. Recuperado de https://www.latimes.com/projects/la-me-mexico-housing-es/

Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency. (2011). *Energy efficiency trends in Canada 1990 to 2004.* Ottawa, Canadá: Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency.

Organización de las Naciones Unidas. (2005). *Declaración Universal de Derechos Humanos.* Obtenido de https://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/

Organización de las Naciones Unidas. (2010). *El derecho a una vivienda adecuada* (Rev. 1 ed., Vol. 21). Génova, Suiza: Organización de las Naciones Unidas.

Querol, F. (2000). *La filosofía del derecho de K. Ch. F. Krause; con un apéndice sobre su proyecto europeísta.* Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas.

Redacción Aristegui Noticias. (diciembre de 28 de 2016). Programa Eco Casa construyó 27,600 viviendas en 2016. *Aristegui noticias*. Recuperado de https://aristeguinoticias.com/2812/mexico/programa-eco-casa-construyo-27600-viviendas-en-2016/

Reséndiz, O., Morillón, D., Romero, R., Galindo, M., Poujol, F., y Chávez, E. (2018). Diseño y construcción de una casa bioclimática en clima cálido seco, en La Paz, Baja California Sur, México. En Universidad Nacional de Cuyo, *Libro de proceedings, CTV 2018. XII Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual.* (págs. 319-330). Barcelona: CPSV.

Romero, R., Vázquez, E., Bojórquez, G., Pérez, M., García, C., Valladares, R.,...Tejeda, A. (2011). Vivienda, usuario y confort térmico en la vivienda económica en México. En Figueroa, *Aníbal* (Ed.) *Estudios de Arquitectura bioclimática* (pp. 19-30). Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Sánchez, J. (2012). *La vivienda "social" en México. Pasado – Presente – Futuro?* Ciudad de México: Sistema Nacional de Creadores de Arte.

Secretaría de Finanzas de Baja California Sur. (2016). *Programa Estatal de Energía del Estado de Baja California Sur* Recuperado de http://secfin.bcs.gob.mx/fnz/wp-content/themes/fnz_bcs/assets/images/transparencia/marco_program/programas2015-2021/Programa%20Sectorial%20de%20Energ%C3%ADas%20Alternativas%202015-2021%20REVISION.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales,. (2018). *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del estado de Baja California Sur (2018-2027).* La Paz: Gobierno de Baja California Sur.

Secretaría de Energía. (2018). *Balance Nacional de Energía 2017.* Ciudad de México: Secretaría de Energía.

Sielfield, R. (2013). *Sisevive-Ecocasa, Sistema de evaluación de la vivienda verde en México.* Asociación Chilena de Eficiencia Energética. Recuperado de: http://old.acee.cl/sites/default/files/noticias/documentos/Presentacion%20Rolf%20Sielfeld.pdf

Streck, Ch., Keenlyside, P., & von Unger, M. (2016). The Paris Agreement: A New Beginning. *Journal for European Environmental & Planning Law, 13,* 3-29. doi: 10.1163/18760104-01301002 brill.com/jeep

Torres, T. (2015). *El derecho a la eutanasia: una perspectiva global de los derechos que asisten a pacientes en etapa terminal y su análisis en México* (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México.

Urcid, M. (2015). *Comparación del confort térmico dentro de viviendas convencionales y una vivienda con estrategias bioclimáticas en La Paz, B.C.S.* (tesis de grado). Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México.

Villavicencio, J., y Durán, A. (2003). Treinta años de vivienda social en Ciudad de México: Nuevas necesidades y demandas. *Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, VII* (146), 1138-9788.

Wadhwa, D., Mani, M., Hussein, Z., & Gopalakrishnan, B. (2018). *Paris Climate Agreement and the Global Economy: Winners and Losers*. Recuperado de https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29604

CAPÍTULO 15

IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y LA GOBERNANZA COMO FACTOR CONTINGENTE CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO.

García Feregrino J.[1]

[1] Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco. juanrferegrino@gmail.com

Resumen

La reconfiguración del paradigma ambiental es necesario trabajar de la mano con los diversos sectores como gobierno, academia, organizaciones no gubernamentales (ONG) y sociedad, con la finalidad de establecer acuerdos multisectoriales que busquen llevar a cabo mejores prácticas y acciones climáticas de todos los stakeholders[1] para hacer ciudades, y ciudadanías, resilientes y sostenibles. Es a partir de ello, que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un gran marco de acción para dichos cambios. De manera específica nos avocaremos dentro del presente estudio en los objetivos 11, 12 y 13 como prioridades de la educación y gobernanza ambientales, considerando el objetivo 17 como el elemento transversal para lograr los objetivos de hacer ciudades y comunidades más sostenibles respecto de su consumo y producción, en donde se adopten medidas para combatir el cambio climático y sus efectos asegurando que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Palabras clave: Educación ambiental; gobernanza ambiental; ciudadanías ambientales; agentes de cambio; consumo y producción de las ciudades.

Abstract:

For the reconfiguration of the environmental paradigm it is necessary to work hand in hand with the various sectors such as government, academia, NGOs and society, in order to establish multi-sectorial agreements that seek to carry out better practices and climate actions by all stakeholders to make cities, and citizens, resilient and sustainable. It is from this that the Sustainable Development Goals are a great framework of action for such changes. Specifically we will focus within this study on objectives 11, 12 and 13 as priorities for environmental education and governance, considering objective 17 as the cross-cutting element to achieve the objectives of making cities and communities more sustainable in terms of their consumption and production where measures are taken to combat climate change and its effects by ensuring that cities and human settlements are inclusive, safe, resilient and sustainable.

Keywords: Environmental education; environmental governance; environmental citizenship; agents of change; consumption and production in cities.

1 Grupo de personas interesadas y afectadas por las decisiones empresariales.

Introducción

Seguramente todos hemos escuchado hablar en algún momento acerca de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y que a través de estos se pretende crear un cambio de paradigma para crear ciudadanías ambientales, pero tampoco tenemos claro ¿Qué es una educación y ciudadanías ambientales? ¿Cuál es el papel que tiene el Estado para la realización de estos ODS? y más importante aún ¿A los ciudadanos nos compete hacer algo? ¿No es solo una responsabilidad, a cargo del Estado, cuidarnos y garantizarnos nuestro derecho humano al medio ambiente sano?

Dentro del presente artículo se explicarán estas cuestiones a fin de dotar de mayor información a las personas, para que asuman el rol que les corresponde dentro de la sostenibilidad y el cuidado del ambiente a través del entendimiento del marco legal y de participación que está siendo aplicado por muchos países. Lo cual demuestra una verdadera preocupación al pasar solo del ámbito discursivo al de la toma de decisiones y participación de los asuntos públicos, considerando a la ciudadanía, promoviendo políticas públicas que se centren en esta como el principal objetivo de los planes de desarrollo.

1. Andamiaje de la educación ambiental

Uno de los papeles que resultan estratégicos para crear un futuro más resiliente y sostenible, es la educación con un enfoque ambiental. Es a partir de esta, que se puede tomar como eje trasversal de la educación a la sostenibilidad, para que las distintas áreas de estudio entiendan la importancia que tienen dotar a los estudiantes de una visión intergeneracional.

Ante las inminentes y notables crisis que vivimos hoy en día, la más alarmante es la ambiental ya que como consecuencia de la implementación de falsos modelos de desarrollo es que la humanidad se ha vuelto una rapaz depredadora de los recursos naturales en los últimos dos siglos, agravándose aún más en las recientes décadas ya que el extremo individualismo de las personas las ha conducido solamente a querer satisfacer sus necesidades a costa de todo lo que sea necesario, incluyendo el futuro y las necesidades de las próximas generaciones ya que la industrialización a gran escala efectuada para cubrir la demanda de las distintas necesidades del mercado han superado los Límites del Crecimiento ya establecidos con anterioridad por Meadows, Meadows, Randers y Behrens (1972) en su Informe al Club de Roma.

Frente a esta crisis de desarrollo, la educación es considerada como un sector clave, ya que por un lado es una lucha necesaria a fin de acortar las grandes asimetrías sociales que históricamente

han vulnerado a varios grupos sociales, pero a partir de esta lucha y necesaria alfabetización de quienes menos tienen acceso una educación formal y profesional, también se ha logrado identificar la necesidad de dar una educación desde el paradigma de la sostenibilidad con la finalidad de seguir acortando a grandes pasos las desventajas de los distintos grupos vulnerables.

Es por ello que dentro de la Agenda 2030 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018) y su objetivo de educación número 4, podemos notar de manera muy específica la característica que deben tener los actuales modelos educativos, de conformidad con la meta número 4.7, que dice:

> De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible (p. 21).

Esta educación sostenible que busca garantizar la Agenda 2030 de manera internacional busca establecer como hoja de ruta un complemento a los derechos fundamentales garantizados por los distintos estados, a través de sus propios cuerpos normativos, pero que muchas veces se encuentran cortos respecto de esta visión intergeneracional y sostenible que se busca hacer efectiva en los distintos modelos educativos.

Si nosotros revisamos el artículo tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos[2], no se advierte se haga manifestación expresa de que la educación en México deba de cumplir con la característica de ser sostenible. De manera muy sucinta en el segundo párrafo del artículo mencionado, se pudiera realizar una interpretación conforme que pudiera ayudarnos a aplicar este criterio de una educación sostenible ya que se hace mención en dicho párrafo respecto del derecho a los derechos humanos y la conciencia de solidaridad internacional, lo cual nos permite asumir la necesidad, en pro de dicha solidaridad, de tener una educación sostenible.

Posteriormente en la fracción II, inciso B, (México, 2019a, p. 6) se hace mención respecto del criterio que orientará la educación en México "la cual deberá atender a la comprensión de nuestros

2 México. (2019a). Constitución. Recuperado de https://cutt.ly/Xjb9geu

problemas y al aprovechamiento de nuestros recursos", esto en definitiva nos permite ver en dicho texto la necesidad de asegurar una educación con un criterio de sostenibilidad pero no es sino hasta la Ley General de Educación, en su artículo 30, fracción XVI, (México, 2019b) que se hace una referencia a los contenidos de los planes y programas de estudio de la educación que impartan dentro del territorio nacional que se hace mención a:

> […] la educación ambiental para la sustentabilidad que integre el conocimiento de los conceptos y principios de las ciencias ambientales, el desarrollo sostenible, la prevención y combate del cambio climático, así como la generación de conciencia para la valoración del manejo, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales que garanticen la participación social en la protección ambiental […] (México, 2019b, p. 45).

Del mismo modo la Constitución Política de la Ciudad de México (Ciudad de México, 2020, p. 62) en su artículo 8, apartado B, numeral 5, al hablar del sistema educativo local menciona que "fomentará la educación ambiental". Lo cual, dentro de una visión del derecho comparado, nos demuestra la falta de responsabilidad social al incluir el paradigma de la sustentabilidad como lo aseguran otras constituciones políticas nacionales, como lo son la de Ecuador, que en su artículo 27 de manera expresa menciona que su "educación se centrará en el ser humano y garantizará su respeto al medio ambiente sustentable" (Ecuador, 2011, p. 31).

Por otro lado, la Constitución de Bolivia, en su artículo 80 (Bolivia, 2009, p. 92), hace referencia a que la educación "estará orientada a la conservación y protección del medio ambiente, la biodiversidad y el territorio para el buen vivir". Lo mismo pasa dentro del artículo 67 de la Constitución Política de Colombia, en tanto que esta "formará al colombiano para la protección del ambiente" (Colombia, 2016, p. 46). Y finalmente, la Constitución de la Nación Argentina en su artículo 41 de manera muy particular garantiza el derecho al medio ambiente sano y dentro del mismo establece "que las autoridades proveerán para la protección de este derecho de una educación ambiental" (Argentina, 1994, p. 38).

Así es que podemos notar de esta rápida comparación, que la orientación que tiene la educación dentro de México, en materia de sostenibilidad y por lo tanto en materia ambiental, es carente de una verdadera visión holística que busque dotar a las y los estudiantes, de esta necesaria visión de protección al ambiente y esto se nota posteriormente en la oferta educativa que existe dentro de las distintas escuelas de la República Mexicana ya que realmente son pocas las universidades que cuentan con una oferta académica que ofrezcan una preparación profesional para fortalecer la

sostenibilidad de las distintas ciencias, y que si bien es cierto, en donde hay una mayor cobertura en el área ambiental es dentro de las ingenierías, no podemos dejar de lado a las ciencias sociales que resultan tan necesarias para el análisis de la complejidad y de los distintos procesos que revisten la protección ambiental.

No obstante, a lo anterior, no todo está perdido en México, ya que por otro lado contamos con la Ley General de Cambio Climático (México, 2020), la cual cuenta con diversos artículos[3] que procuran establecer un sistema de educación ambiental fortaleciendo la sensibilización federal y local, fomentar la educación para la reducción de emisiones contaminantes y las consecuencias que generan las mismas en nuestro entorno, así como proponer la inclusión de los problemas generados por el cambio climático dentro de los diversos libros del Sistema Educativo Nacional, pero lo cual definitivamente al no estar esta visión caracterizada en la educación a nivel federal dentro de nuestra Constitución Política Mexicana (México, 2019a), resulta difícil que estas leyes secundarias logren el objetivo de consolidar una educación ambiental en México.

Entonces se vuelve necesario el cuestionar ¿Cómo lograremos desarrollar una conciencia ciudadana que nos permita comprender la problemática ambiental? ¿Cómo nos prepararemos para los futuros escenarios ambientales para poder contrarrestar al cambio climático si no se están creando profesionistas en la materia? Y claro que tenemos muy buenos ambientalistas, pero hasta el día de hoy es una materia muy cerrada a causa de la especialización tan técnica que requiere y de que muchos de los grandes despachos o consultorías ambientales son recelosos de su labor, y precisamente es esfuerzo que debemos realizar es que cada día esté más al alcance de cualquier ciudadano, dentro y fuera de las aulas.

Hoy, dentro de este contexto de la pandemia por Covid-19, que ha hecho que muchas sociedades replanteen sus modelos económicos y sociales, no se ha quedado atrás la necesaria, y muy urgente, reflexión acerca de si hemos actuado en consecuencia a las necesidades ambientales, que son las sociales, son las de la propia habitabilidad de la humanidad. Este nuevo escenario post pandemia nos obliga a seguirnos replanteando sobre los cambios que debemos realizar como sociedades ¿Qué haremos después de que regresemos a la nueva normalidad? ¿Qué papel jugará la educación ambiental en este sentido para ayudarnos a entender la función sistémica del ambiente y la relación intrínseca y de dependencia que tenemos de este planeta? ¿Es que acaso no hemos entendido que medio ambiente y desarrollo no son necesariamente dos conceptos excluyentes? ¿Cómo la ciudadanía podrá tener las discusiones y debates que le permitan entender la relación

3 De manera particular, más no limitativa, me refiero a los artículos 8, fracción X; 9, fracción V; 22 fracción XII y XIII; 34, fracción VI y 82, fracción IV de la Ley General de Cambio Climático en México.

hombre-naturaleza y la dependencia de esta si no se abren los espacios necesarios?

2. Gobernanza[4] como modelo integral

Autores como Holder y Lee (2007) han evidenciado las fallas que existen dentro de los sistemas nacionales y sectores empresariales en la toma de decisiones fallidas en temas ambientales, dando como resultado la degradación de los mantos acuíferos y la aceleración del calentamiento global.

Si tomamos como referente importante la Cumbre de la Tierra que fue realizada en Río de Janeiro, Brasil, con el objetivo de establecer una nueva alianza mundial para la debida cooperación de los Estados, para proteger la integridad del sistema ambiental como consecuencia del análisis del modelo de desarrollo extractivista que se había llevado a cabo hasta ese momento por la mayoría de las naciones y que entendieron la necesidad de cambiar la ruta en el porvenir, decidieron publicar la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, es decir, un documento que concentra 27 principios los cuales en su conjunto buscan asegurar una mayor protección y justicia ambiental a nivel internacional (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992b).

Dentro de dicha declaración, particularmente en el Principio 10 (p. 4) se garantizan los llamados Derechos de Acceso: derecho de acceso a la información, derecho de acceso a la participación en asuntos ambientales y derecho de acceso a la justicia ambiental. Estos derechos de acceso se han vuelto un muy importante precedente que ha permitido permear las distintas legislaciones, interpretaciones y aplicaciones de los distintos aparatos jurídicos a nivel internacional, aunque lamentablemente podemos afirmar que no ha sido suficiente la protección e implementación de estos derechos.

Precisamente a partir de estos derechos de acceso, es que podemos entender la necesidad de nuevas configuraciones políticas y gubernamentales para el acceso a la justicia ambiental, pero cómo poder acceder a la justicia ambiental si no se permite la participación o el acceso a la información, ejercido muchas veces a través de la transparencia y rendición de cuentas por los distintos servidores y funcionarios públicos.

Para algunos autores (Castro, Hogenboom, y Baud, 2015, p. 20), la gobernanza ambiental

4 Se trata de un proceso mediante el cual los gobiernos se abren a la incorporación de agentes no estatales para la participación y democratización de la toma de decisiones (Mussetta, 2009).

en América Latina al día de hoy es un proceso contradictorio. Ya que se señala que "el discurso dominante de la gobernanza participativa por varios países latinoamericanos es acompañado por el aumento de conflictos socioambientales en la región". En México, el discurso político de los funcionarios públicos respecto de estos procesos de respeto y protección del medio ambiente es concurrente, pero de manera contradictoria en el ejercicio de sus funciones aprueban o implementan grandes proyectos que violan flagrantemente los derechos ambientales y de participación de muchas comunidades, o los derechos de acceso a la información de otro grupo importante de ciudadanos que se ven interesados en estos temas pero cuando piden de manera oficial y hacen valer su derecho de acceso a la información muchas veces les es negada bajo la figura de protección de datos o de seguridad nacional.

En este nuevo modelo de gobernanza aplicada al ámbito ambiental, resulta más latente la importancia y el respeto que debe existir a la misma, ya que como se ha mencionado dentro del Principio 10 de la Declaración de Río "El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda" (ONU, 1992b, p. 4). Precisamente es a esos ciudadanos a quienes les importa y les debe ser respetado su derecho de participación, de acceso a la información y a la justicia ambiental ya que ellos son quienes vivirán, gozarán o sufrirán las consecuencias de todos los efectos directos e indirectos que traigan consigo la implementación de cualquier proyecto que pretenda afectar su derecho fundamental al medio ambiente sano.

Para Morán (2015) es muy clara la importancia que tiene respetar estos derechos de acceso:

> La participación ciudadana se erige como una consecuencia del principio democrático y se apoya sin miramientos en el derecho a la información relativa a los proyectos ambientales, o que son susceptibles de causar una lesión a los recursos naturales y el medio ambiente, y la garantía de una efectiva participación en la toma de decisiones (p. 85).

Como podemos ver, la democracia participativa en asuntos ambientales es un derecho fundamental de la ciudadanía, ya que contrario a lo que pensaba desde el enfoque de la gobernabilidad, las sociedades sí tienen las capacidades de auto organización, autogobierno, autorregulación y autoproducción, ya que era este pensamiento el que predominó durante mucho tiempo (Aguilar, 2010, p. 24)y que solamente enrolaba a las ciudadanías en una función pasiva de obediencia a las decisiones públicas, pero sin la participación de ellos, con decisiones tomadas por quienes se encuentran en ejercicio del poder.

Dentro de México, al parecer a muchas personas se les ha olvidado cuál es la forma de gobierno que adquirimos como nación y la cual está establecida dentro del artículo 40° Constitucional (México, 2019a, p. 45), ya que allí se hace manifiesto que vivimos dentro de una República representativa, democrática, laica y federal. Principalmente de estas atribuciones respecto de la forma de Gobierno que adquirimos se enfatizan los aspectos de que somos una República Democrática.

Una república se encarga de la res pública (cosa pública), dentro de las repúblicas el papel que juega el ciudadano es imperante y vital ya que precisamente este tiene la facultad de participar y opinar en todo lo que le afecte, más cuando estamos hablando de bienes públicos como lo es el medio ambiente, y por otro lado la democracia lo que garantiza, en términos breves, es el poder de participación del pueblo en la toma de decisiones. A partir de estas dos premisas, es lógico entender que cuando se trate de asuntos que afecten el ambiente, que es único e indivisible, todas las personas tienen derecho a participar en la toma de decisiones, por encontrarse bajo un gobierno democrático.

Más aún si de conformidad con el artículo 25° Constitucional (p. 24) establece que "la rectoría del desarrollo nacional deberá ser integral y sustentable… bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad". Y por otro lado el artículo 26° Constitucional (p. 26) garantiza el "sistema de planeación democrática del desarrollo nacional y que esta planeación será democrática y deliberativa, estableciendo los procedimientos de participación y consulta popular en el sistema nacional de planeación democrática".

Así se puede observar que a partir de la estructura constitucional que tenemos, y de conformidad con los derechos de acceso, debe ser garantizada la Justicia Ambiental para todas las personas, en este sentido se define la gobernanza ambiental como "El proceso de formulación y refutación de imágenes, diseños y ejecución de los procedimientos y prácticas que configuran el acceso, control y uso de los recursos naturales entre actores diferentes" (Castro, et al., 2015, p. 114).

Estos actores que tienen mayor presencia en la toma de decisiones dentro de la gobernanza ambiental organizaciones de la sociedad civil (OSC), organizaciones no gubernamentales (ONG), grupos de interés, stakeholders, empresarios y ciudadanos, entre otros (Cohen, 2013).

Es imperante que, con lo antes dicho, se cree una nueva gestión en estos tiempos, por lo cual surge la necesidad de una nueva gestión ambiental, que, a través de la gobernanza, nos permita consolidar y reafirmar los derechos ciudadanos, para que así, entre los distintos actos públicos, privados y sociales, podamos llegar a consensos que fortalezcan el desarrollo sostenible, pero sin ocasionar grandes afectaciones ambientales que puedan resultar de difícil o imposible reparación. Las sociedades post-covidianas debemos de encontrar las mejores maneras de consolidar los derechos de acceso a la información, participación y justicia ambientales, pero siempre tomando como base la educación ambiental para que a través de ella podamos tomar las mejores decisiones aplicadas al ámbito de gobierno ambiental.

3. **Evolución y el papel de los ODS**

En este punto que ya hemos hablado sobre la importancia de la educación ambiental y la gobernanza como elementos nodales para el cambio de paradigma socio-ambiental, se considera necesario hacer un breve análisis sobre la evolución que han tenido los ODS y el papel que juegan en la actualidad.

En 1992, fue adoptada por diversos países la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (ONU, 1992a), la cual reconoce al cambio climático como un problema generado por las diversas actividades humanas de explotación de recursos naturales que inciden directamente en la generación de gases de efecto invernadero (GEI). Posterior a esta, son celebrados el Protocolo de Kioto (ONU, 1998) y la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas (ONU, 2000), la cual compromete a los líderes mundiales a tratar de contrarrestar los principales generadores de desigualdad a través del establecimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, es decir, un plan a 15 años —del 2000 al 2015— que con tan solo 8 objetivos, marcaba el inicio de estas hojas de ruta internacionales para reducir las grandes desigualdades, dentro de las cuales se abordaba el tema de educación y protección ambiental (ONU, 2000, p. 6).

Una vez alcanzado el 2015, fue necesario hacer una valoración del cumplimiento de estos objetivos para así poder establecer nuevos retos al desarrollo internacional, para lo cual, y tras verificar los efectos positivos entre los países, se decide crear en nuevo instrumento articulador conocido como Agenda 2030, la cual contiene 17 objetivos y 169 metas a desarrollar durante los próximos 15 años (2015-2030) bajo la idea de: no dejar a nadie atrás (CEPAL, 2018).

Dentro de esta Agenda 2030 resultan destacables para el presente artículo de manera directa los objetivos salud y bienestar (3), educación de calidad (4), agua limpia y saneamiento

(6), producción y consumos responsables (12), acción por el clima (13), paz, justicia e instituciones sólidas (16) y alianza para lograr los objetivos (17). En el año 2018, la CEPAL publicó una guía metodológica (ONU, 2018) para la implementación de la Agenda 2030 y sus objetivos, la cual nos ayuda a identificar los actores relevantes y los grandes desafíos que se atraviesan actualmente para la implementación.

La educación como modelo contingente para la adaptación y lucha contra el cambio climático es una de las opciones (Bárcena, Samaniego, Peres y Alatorre, 2020) que se señala como estructural acompañada de la ingeniería y construcción ambiental, adaptación basada en ecosistemas, tecnología, información, leyes y regulaciones, políticas y programas de gobierno, entre otras.

Presidencia de la República publicó su estrategia nacional para la implementación de la Agenda 2030, dentro de este documento al hablar de las alianzas multiactor, se hace referencia a la gran importancia que tiene el sector académico para desempeñar múltiples roles en la puesta en marcha de los ODS. Esto nos ayuda a entender la gran importancia que tiene la educación ambiental, y que además es multinivel, ya que por un lado es necesaria para lograr realizar una concienciación en su nivel más accesible de educación básica, y por otro lado la especialización de la misma a través de las distintas áreas de estudio que deben de transverzalizar las distintas formaciones profesionales a fin de trabajar en conjunto para la debida protección ambiental desde los distintos ámbitos de colaboración, en sus propias palabras:

> […] la comunidad académica y científica cuenta con herramientas analíticas muy importantes para dar seguimiento a los procesos y evaluar el cumplimiento de los distintos objetivos sociales o ambientales planteados en la Agenda 2030. Solo con la perspectiva analítica de la academia se podrán desarrollar los marcos conceptuales que permitan entender las interconexiones entre todos los ODS, y traducirlos en recomendaciones prácticas para el actuar público. Para ello, las Humanidades, las Ciencias Sociales y las Ciencias Naturales son igualmente importantes. (Presidencia de la República, 2019, p. 23)

Para dar un seguimiento y monitoreo al cumplimiento e implementación de los ODS, el gobierno decidió crear una plataforma en internet[5] en donde la ciudadanía puede consultar los objetivos, así como ver las actividades que se están reforzando por entidad federativa, acceder a documentos e indicadores de cumplimientos. En el indicador de cumplimiento de educación, tras su revisión, no se encuentra alguno que haga referencia a la consolidación de la educación sostenible en el país, lo cual demuestra lo preocupante que es el cumplimiento de esta Agenda en México, y

5 Gobierno de México. (2019). Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, México, INEGI. Recuperado de http://www.agenda2030.mx/

pese al esfuerzo legislativo realizado, en la aplicación no es suficiente.

4. Acciones para contrarrestar el cambio climático

La LXIV legislatura de la Cámara de Diputados (2019) realizó un documento que nos sirve para identificar los esfuerzos que se están realizando en agendas legislativas nacionales para proteger la Habitabilidad Planetaria, Terrestre y Humanal, lo cual definitivamente nos puede ayudar como un mapa de las acciones ya realizadas y de todo lo que puede mejorarse a partir del marco normativo. Aunque no necesariamente las acciones por el clima y para contrarrestar el cambio climático deben de aterrizarse en una legislación, lo cual sin duda es muy importante, pero no exclusivo, considero que la dimensión social, la responsabilidad ciudadana, puede llegar a tener un alto impacto en la función de coadyuvar al Estado a fin de garantizar la descarbonización de la República Mexicana y de procurar cumplir los ODS.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), realizó un informe sobre cuáles serán las consecuencias ambientales que tendremos hacia 2050 en caso de no actuar, de no realizar los cambios necesarios a nuestros patrones de consumo como individuos y naciones. En dicho documento se menciona que la contaminación del aire se convertirá en la principal causa ambiental de mortalidad prematura en el mundo. En la parte final del documento, se proponen políticas que puedan ayudar a mitigar estos impactos y pagar el costo de la inacción, en especial me gustaría hacer énfasis en la siguiente política:

> Una mejor información es la base de mejores políticas, de modo que nuestros conocimientos deben mejorarse**.** Existen muchas áreas en que debe mejorarse la valoración económica, incluida la comprensión de todos los beneficios de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, así como los costos de salud asociados con la exposición a los productos químicos. Ello ayudará a estimar aquellos elementos mejorados del bienestar y del progreso humano que el PIB solo no puede reflejar. Una mejor información sobre los costos y los beneficios nos ayudará a comprender mejor los costos de la inacción y será un sólido argumento para buscar reformas de políticas en aras del crecimiento verde. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2012, p. 8)

En este sentido es muy importante trabajar en los ODS número 4, 12 y 13 de manera muy particular ya que estos se encuentran asociados a la educación sostenible, producción y consumos responsables y acciones por el clima. Como lo señala la OCDE, una mejor información es la base de mejores políticas, así es que la educación ambiental comprendida desde la más básica hasta la más técnica y especializada se vuelven nodales para percibir las implicaciones que tiene la inacción

contra el cambio climático y además de ello, desde el sector académico, realizar la divulgación necesaria a la sociedad a fin de que esta se encuentre enterada de las consecuencias de sus acciones o la falta de ellas.

No es demeritar el papel, el trabajo y las tareas pendientes que existen por parte de los Estados, así como de las grandes empresas trasnacionales en la lucha contra el cambio climático, que definitivamente es un papel fundamental; pero también es de hacer notar el papel que tenemos los individuos en nuestro día a día y que de igual forma puede ayudar a combatir el cambio climático. El ODS número 12, que refiere sobre la producción y consumos responsables (CEPAL, 2018, p. 37), lo considero como uno de los que se encuentran más al alcance de la ciudadanía dentro de esta agenda y que gracias a la educación ambiental puede materializarse.

Dentro de este objetivo es que tiene sentido la economía circular, la cual se encuentra contemplada dentro de la Estrategia nacional para la implementación de la Agenda 2030, en la visión del país:

> Hacia 2030, México habrá adoptado patrones de producción, distribución y consumo sostenibles con un enfoque de ciclo de vida y de economía circular, mediante la coparticipación de todos los sectores. Con ello, al tiempo que se hará un mejor uso de los recursos naturales y se minimizará la emisión de desechos y sustancias contaminantes, se responderá a las necesidades básicas de la población y se contribuirá a mejorar su calidad de vida, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. Se desvinculará el crecimiento económico de la degradación ambiental y de la desigualdad social, impulsando la competitividad de los sectores productivos y coadyuvando a reducir la pobreza y generar bienestar. (Presidencia de la República, 2019, p. 71)

Poder adoptar cambios en nuestros hábitos de consumo, pasar de una economía lineal que tiene como característica tirar un producto cuando ya no cumple o satisface nuestras expectativas y por ello considerarlo inservible; cambiar de ello a la economía circular que se centra en las siete erres: reciclar, rediseñar, reducir, reutilizar, reparar, renovar y recuperar; en donde al aplicar este modelo de economías circulares nos ayude a recudir de una manera muy significativa los desechos residuales es un gran cambio cultural y al alcance de nuestras manos.

Por otro lado se encuentran los hábitos alimenticios y el impacto que tiene la agricultura en el cambio climático, ya que para generar todos esos alimentos, por ejemplo, la carne de res, necesitan

grandes cantidades de territorio, recursos para alimentar al ganado, agua, las grandes cantidades de metano que se libera cuando defecan al aire libre, y todo lo que se encuentra detrás del kilo de carne que llega a nuestras mesas, y hacer accesible a la gente todos esos procesos que se encuentran detrás de su hamburguesa y que si tan solo en su alimentación redujeran el consumo de carne de res, por carne de pollo o de cerdo que consumen menos espacio y recursos para generar el mismo kilo de carne es de gran ayuda para el planeta. De esta manera podríamos dar muchos ejemplos relacionados a un consumo responsable que adquirido a través de la educación ambiental tiene efectos positivos y de mitigación en el cambio climático. Lo mismo pasa con el transporte público, uso de energías, dispositivos móviles, y un sinnúmero de actividades que hemos normalizado y asumimos cono "naturales", cuando son todo lo contrario, van en contra de lo natural.

5. **Conclusiones**

Tras este breve análisis, de manera muy puntual puedo incluir en mis conclusiones que existe una notable falta de planes y programas que permitan fortalecer la educación ambiental dentro de México, pese a que existe muy brevemente su inclusión dentro de nuestro marco normativo, esto dificulta su ejercicio y aplicación a todos los niveles. Por otro lado, resulta necesario ampliar y actualizar los planes educativos a fin de que se pueda brindar una educación ambiental a todos los niveles, y aún más en las universidades ya que en esta educación superior es en donde necesitamos dotar a los futuros profesionistas de los conocimientos necesarios para robustecer la protección ambiental a través de la aplicación de la escasa legislación al respecto, como lo es la Ley General de Cambio Climático, por solo mencionar un ejemplo.

Es necesario fortalecer la gobernanza ambiental dentro de México, para que se puedan realizar cambios en la agenda política desde la perspectiva de los distintos actores, ya que muchos de ellos se les ha negado hasta este momento el reconocimiento constitucional que tienen de participar en asuntos ambientales con lo cual se nos está negando el acceso a la justicia ambiental, situación que hoy más que nunca es necesario reivindicar por un futuro sostenible.

Debemos de entender que el desarrollo y el medio ambiente no son conceptos excluyentes, al contrario, el ambiente es parte integral del desarrollo humano y debemos resignificar la relación entre ser humano y naturaleza existente a fin de garantizar y respetar los derechos de las futuras generaciones. Esto ha sido enfatizado por Cairns y Global Challenges Foundation (como se citó en Cervantes-Núñez y Gay-García, 2019):

> 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 (HaT), sobre nuestra supervivencia como especie (p. 11).

La Habitabilidad Terrestre y Humana, depende de la consolidación de los esfuerzos de los distintos actores —académicos, políticos y sociales— en las diversas áreas de estudio que son planteadas dentro del presente libro, ya que debemos de tener en consideración que estamos en la década de la acción de la Agenda 2030 y las acciones que realicemos en estos 10 años serán claves para las futuras generaciones y así preservar la supervivencia de la vida humana.

6. Agradecimientos

De manera muy particular quiero agradecer a la Doctora Nancy Paola Dávila Fisman y al Maestro César Saavedra Alamillas por sus tan valiosos comentarios al desarrollo del presente capítulo, fueron pieza clave. A Martha Verano Maya Valencia por su gran respaldo en la presente investigación, con sus retroalimentaciones y sugerencias tan importantes.

Referencias

Aguilar, L. (2010). *Gobernanza: El nuevo proceso de gobernar*. México, Fundación Friedrich Naumann para la Libertad.

Argentina. (1994). *Constitución*. Recuperado de https://cutt.ly/Jjnwf8w

Bárcena, A., Samaniego, J. L., Peres, W., y Alatorre, E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* Santiago, CEPAL.

Bolivia. (2009). *Constitución*. Recurado de https://cutt.ly/5jnwizS

Cámara de Diputados (2019). *Cambio climático: principales acciones de adaptación y mitigación en México*. México. Recuperado de https://cutt.ly/XjmnFWa

Castro, F. de, Hogenboom, B., y Baud, M. (2015). *Gobernanza ambiental en América Latina*. Buenos Aires, CLACSO: ENGOV.

Cervantes-Núñez, S. y Gay-García, C. (2019). La Habitabilidad Humana ante el Cambio Climático Antrópico. *En* ¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y visiones sobre el Reporte Especial del IPCC. Rueda Abad, J.C. y Gay García, C (Ed.). Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México.

Ciudad de México. (2020). *Constitución*. Recuperado de https://cutt.ly/tjnqyv2

Cohen, M. (2013). Democracia deliberativa y gobernanza ambiental: ¿conceptos transversales de una nueva democracia ecológica? En *Sociológica*, *80* (enero-abril), 73–122.

Colombia. (2016). *Constitución*. Recuperado de https://cutt.ly/hjnq6B8

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe: Vol. Mayo.* Santiago, CEPAL.

Ecuador. (2011). *Constitución*. Recuperado de https://cutt.ly/Ejnq4IH

Gobierno de México. (2019). *Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*, México, INEGI. Recuperado de http://www.agenda2030.mx/

Holder, J., & Lee, M. (2007). *Environmental Protection, Law and Policy*. United States of America, Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511805981

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., y Behrens, W. W. (1972). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. México, Fondo de Cultura Económica.

México. (2019a). *Constitución*. Recuperado de https://cutt.ly/Xjb9geu

México. (2019b). *Ley General de Educación. México*. Recuperado de https://cutt.ly/7jb96fC

México. (2020). *Ley General de Cambio Climático. México*. Recuperado de https://cutt.ly/Djnqa0J

Morán T. (2015). *El derecho ambiental y la participación ciudadana: hacia un vital punto de encuentro en México y el mundo*. México, *AFDUC*, *19*, 79–94.

Mussetta, P. (2009). Participación y gobernanza. El modelo de gobierno del agua en México. En *Espacios públicos*, *12*(25), 66–84.

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1992a). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recpuerado de https://cutt.ly/Jjnx3lM

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1992b). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Brasil. Recuperado de https://cutt.ly/XjnswNS

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1998). *Protocolo de Kyoto*. Recuperado de https://cutt.ly/ijmxolg

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2000). *Declaración del Milenio*. Recuperado de https://cutt.ly/7j0mE8O

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2018). *Guía metodológica: planificación para la implementación de la Agenda 2030 en América Latina y el Caribe*. Santiago, CEPAL.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2012). *Perspectivas ambientales de la OCDE hacia 2050: consecuencias de la inacción*. Nueva York.

Presidencia de la República. (2019). *Estrategia nacional para la implementación de la Agenda 2030 en México para no dejar a nadie atrás: por el bien de todos, primero los pobres, el cuidado del medio ambiente y una economía incluyente*. México.

CAPITULO 16

APRENDIZAJE BASADO EN RETOS: el caso del curso en cambio climático a nivel licenciatura, CdMx, México.

Ordóñez J.[1,2,3,] Ordóñez M.[4], Ortega L.[5,6], Munguia A.[5,6], Galicia A.[7], Cervantes S.[8], Membrillo J.[9] y Jiménez D.[10]

[1] Catedrático ITESM-CCM, Grupo de energía y cambio climático Mty. jabordonez@gmail.com

[2] Profesor Facultad de Ciencias, UNAM.

[3] Director e investigador, Servicios ambientales y cambio climático SACC, AC.

[4] Investigadora, Centro Regional de Investigación Multidisciplinaria, UNAM. mordonez@crim.unam.mx

[5] Investigador adjunto, Servicios ambientales y cambio climático SACC, AC. leot_lito@ciencias.unam.mx

[6] Estudiante Facultad de Ciencias, UNAM

[7] Investigador asociado, Servicios ambientales y cambio climático SACC, AC.

[8] Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC)

[9] Catedrático de Tiempo Completo ITESM.

[10] Estudiante Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM

Resumen

El actual cambio climático, es un problema ambiental emergente, que se ha visto impulsado por las actividades asociadas al desarrollo humano. Es la suma de la fragmentación del paisaje, la deforestación, el cambio en el uso del suelo, la contaminación del agua, el aire y la tierra; más, el uso extensivo e intensivo de los recursos naturales. El curso sobre cambio climático ha sido presentado a lo largo de 12 años, incluye el análisis actualizado de la condición y el estado de los recursos naturales. Asimismo, incluye el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEGEI) derivadas del consumo de: a) gasolina, b) gas, c) electricidad y d) agua en la Ciudad de México (principalmente). Lo anterior con la finalidad de que los alumnos y los participantes (tomadores de decisiones) comprendan la importacia y el impacto ambiental generado por el consumo y por sus actividades cotidianas. Con los resultados obtenidos se aprecia el desconocimiento general del concepto de una huella ambiental. Así como el no conocer ningún proceso industrial limpio. Por ejemplo: generación de energía, producción de ropa, alimentos, consumo de productos lácteos, cerveza, alimentos chatarra, alimentos procesados entre otros. Los resultados obtenidos permiten apreciar que el 40 % de las emisiones está asociada al consumo de gasolina (antes de la pandemia del Covid-19), 25 % al consumo de gas, 25 % al consumo de luz y 10 % al consumo de agua. Una vez que los alumnos reconocen su responsabilidad, son capaces de formular estrategias de mitigación y, consideran que la compensación es muy importante para quienes no pueden mitigar; solo que se necesita transparencia en la generación, administración, compra y venta de los certificados de carbono. Identifican un vacío en la responsabilidad ambiental a diferentes niveles y escalas. Mencionan el abuso en la explotación de los recursos naturales y el caos que genera la obsolescencia programada de la tecnología; señalan el rol de la ausencia del gobierno mexicano en la mitigación de las EGEI y el inadecuado manejo de los residuos.

Palabras clave: Cambio Climático, Educación, Recursos Naturales, Consumo, CDMX, Huella ambiental, Curso, Residuos, Mitigación

Abstract

Climate change is the environmental problem derived from human development, it is the sum of the fragmentation of the landscape, deforestation, the change in land use, the contamination of water, air and land, the extensive and intensive use of natural resources. In this sense, the course on climate change has been presented over 12 years, part of the analysis of the current state of natural resources, therefore students and participants (decision makers) are challenged to develop an inventory of greenhouse gas emissions derived from its consumption of: a) gasoline, b) gas, c) electricity and d) water in Mexico City (mainly). With the results obtained, it is appreciated how people are surprised that their day-to-day activities have such a strong environmental footprint and that they do not know any clean and detailed industrial process such as: power generation, clothing production, food, consumption of dairy products, beer, junk foods, processed foods, among others. The results obtained show that 40% of emissions are associated with gasoline consumption (before the Covid-19 pandemic), 25% with gas consumption, 25% with light consumption and 10% with water consumption. Once students acknowledge their responsibility, they formulate mitigation strategies and consider that compensation is very important for those who cannot mitigate, only that transparency is needed in the administration of carbon certificates. They identify a gap in environmental responsibility at different levels and scales, mention the abuse of the exploitation of natural resources and the chaos generated by the planned obsolescence of technology; point to the role of the absent Mexican government in mitigating greenhouse gas emissions and inadequate waste management.

Keywords: Climate Change, Education, Natural Resources, Depletion, CDMX, Environmental Footprint, Lecture, Waste, Mitigation

Introducción

El cambio climático es uno de los problemas más severos al que nos enfrentamos en el presente siglo. Las actividades humanas, causantes de la transformación del paisaje, la sobre explotación de los recursos naturales y la generación de energía; están afectando el balance de nuestra huella ambiental, poniendo en riesgo la vida silvestre que constituye parte del capital natural de nuestra nación (Ordóñez, 1999; Conabio, 2009; Uribe, 2015).

Los inventarios de GEI son propuestas metodológicas robustas que ha establecido el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), que convergen en la cuantificación del consumo energético y derivado de las actividades humanas productivas, entre otros insumos. Estos inventarios permiten saber ¿Dónde?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿En qué medida?, se generan las emisiones de GEI (IPCC, 2008 y 2019).

En el año 1994 da inicio en México el Primer Estudio de País coordinado por el Dr. Carlos Gay (Gay y Martínez, 1995), que tiene como objetivo estimar la emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en cinco sectores clave: a) Energía, b) Procesos Industriales, c) Uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura, d) Agricultura que incluye el pecuario y e) Residuos; marcando un parte aguas en el quehacer de México ante el mundo y ser uno de los primeros países en desarrollar los

Inventarios de Emisiones de Gases de efecto Invernadero (EGEI) y las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Ordóñez *et al*., 2010; INECC, 2013 y 2018).

Desde entonces y en paralelo, surgen muchos cursos de capacitación sobre las metodologías aprobadas y homologadas a nivel internacional por el IPCC, a fin de estimar las emisiones de cada sector y subsector (IPCC, 1992, 1995, 2001, 2008 y 2019). En el año 2007 el trabajo de todos los investigadores que participan en el PICC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), obtiene un reconocimiento mundial: el Premio Nobel de la Paz, mismo que comparten con Al Gore ex vicepresidente de los Estados Unidos durante el mandato de Bill Clinton; resaltando el equipo de 20 investigadores de México coordinado por el Dr. Carlos Gay que fueron copartícipes de este reconocimiento (Zavala y Romero, 2020).

Es importante señalar lo descrito en los párrafos anteriores para conocer el origen del presente proyecto y la evolución de este hasta homologar las metodologías como las que utiliza el Registro Nacional de Emisiones -RENE- (GIZ, 2015; RENE, 2020). El registro de las variables tales como: los consumos de gasolina, gas, agua y electricidad; la integración de los factores de emisión para el cálculo de las emisiones personales e implementarlos de forma continua, a lo largo de cada semestre con los estudiantes de: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, principalmente; en versiones previas con estudiantes de: Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; e investigadores y personal que desarrollo inventarios de emisiones a nivel internacional, nacional, estatal y municipal.

En particular la estimación de las emisiones personales de GEI se logra consolidar en el curso: Uso de Energía y Cambio Climático del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) en México. El Modelo Educativo Tec21, es un modelo flexible en su plan de estudios que promueve la participación de los estudiantes en experiencias de aprendizaje desafiantes e interactivas. A nivel licenciatura, uno de los ámbitos centrales de este modelo es abordar los desafíos del estudiante para desarrollar habilidades disciplinarias e interdisciplinarias. Se han implementado dos estrategias institucionales para alcanzar el objetivo final del ITESM, trabajar en todas las carreras bajo el sistema Challenge Based Learning (CBL): la semana de la innovación (semana-i) y el semestre de innovación (semestre-i) de acuerdo con el doctor Membrillo y colaboradores (Gaskins *et al*., 2015; Membrillo *et al*., 2018a y 2018b).

1. ESTUDIO DE CASO: Un modelo práctico, efectivo y accesible para bachillerato

Justificación

En este estudio se les enseña a los alumnos a estimar su consumo personal y familiar de: gas (LP o natural), gasolina, electricidad y agua, durante cuatro meses seguidos y contrastar la facturación anual de dichos insumos. A fin de conocer su huella de carbono generada por el uso de consumibles, energía y agua. A fin de identificar oportunidades de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e). Para dicha cuantificación se emplean métodos de cuantificación internacional con factores de emisión nacionales.

Objetivo:

Estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que cada participante genera con base a sus consumos de: gasolina, gas, electricidad y agua.

Objetivos particulares:

- Realizar un inventario de los aparatos eléctricos en casa y estimar sus consumos expresados en Whr
- Estimar su consumo de gasolina expresado en litros
- Estimar el consumo de gas expresado en kilos
- Estimar el consumo de agua expresado en m^3
- Identificar los factores de emisión usado en México para cada una de las variables.
- Identificar las posibles acciones para reducir la huella ambiental de emisiones de GEI
- Discutir los resultados individuales y concluir con sugerencias para frenar o mitigar las emisiones de GEI.

Diseño experimental y método

Se realiza un inventario del consumo diario en: aparatos eléctricos, consumo de agua, consumo de gas y su consumo de gasolina. Para ello, se diseñó un formato en Excel que tiene un arreglo matricial (elaboración propia basado en los inventarios de GEI del IPCC). A fin de registrar de forma individual el consumo de cada aparato, instrumento, equipo, su consumo energético; sus

emisiones se estiman sustituyendo los valores y multiplicándolos con su respectivo factor de emisión (CRE, 2020; RENE, 2020). De tal forma que para el inventario de electrodomésticos (detalle de consumos en el anexo 1), se usa la hoja de Excel (detalle en el cuadro 1):

Cuadro 1. Inventario de emisiones diarias derivadas del consumo eléctrico, considerando el factor de emisión de 0.050 Kg de CO_2 por KW/hr (CRE, 2020).

Inventario personal de emisiones de GEI				
Equipo	**Consumo en W/hr**	**hr de uso**	**Watt al día**	**MW/hr**
Lap top	74.26	8	594.08	0.00059408
Lavadora	280	2	560	0.00056
Refrigerador	250	24	6000	0.006
Bomba de agua	380	0.75	285	0.000285
Lamparas	450	6	2700	0.0027
Suma				0.010
Factor de emisión		tCO_2e por MW/hr		0.505
t CO_2e emitido al día				0.005
t CO_2e emitido al año				1.869

Para el consumo de gasolina se estima cuantos litros se usan en un intervalo de tiempo dado (al día, a la semana, al mes o al año) y se procede a multiplicar esos litros por el factor de expansión de tal forma que, por ejemplo (cuadro 2):

Cuadro 2. Inventario de emisiones de CO_2e, derivadas del consumo de gasolina.

Inventario personal de emisiones de GEI		
Descripción		**Consumo de gasolina en l al día**
Jeep patriot		8.26
Suma		8.260
Factor de emisión	$KgCO_2e$ por l	2.320
Kg CO_2e emitido al día		19.163
t CO_2e emitido al año		6.995

Se realiza el mismo procedimiento para la estimación de CO_2e derivadas del consumo de gas LP, asociados al calentador y la estufa (cuadro 3):

Cuadro 3. Inventario de emisiones de CO_2e, derivadas del consumo de gas LP.

Inventario personal de emisiones de GEI		
Descripción		**Consumo de gas en m^3 al día**
Consumo de gas LP al día en m^3		0.006
Calentador y estufa		
Suma		0.006
Factor de emisión	t CO2e por m^3	1.680
t CO2e emitido al día		0.010
t CO2e emitido al año		3.679

En la Ciudad de México el agua potable que consumimos se importa en gran medida del sistema Cutzamala y de pozos donde se bombea el agua para poderla consumir. En el siguiente cuadro 4 se muestra el estimado de CO_2e generado por el consumo de agua.

Cuadro 4. Emisiones de CO_2e generadas por el consumo de agua.

Inventario personal de emisiones de GEI		
Descripción		**Consumo de agua en m^3 al día**
Consumo de agua al día en m^3		
		0.041
Baño, lavadora, aseo, limpieza		
Suma		0.041
Factor de emisión	t CO_2e por m^3	0.344
t CO_2e emitido al día		0.014
t CO_2e emitido al año		5.148

La suma de estos ejemplos nos da un total de 17.691 t CO_2e anuales (cuadro 5 y figura 1)

Cuadro 5. Total de emisiones anuales de CO_2e generadas por tipo de fuente.

Fuente	t CO2e anuales
Luz	1.869
Gasolina	6.995
Gas LP	3.679
Agua	5.148
Total	17.691

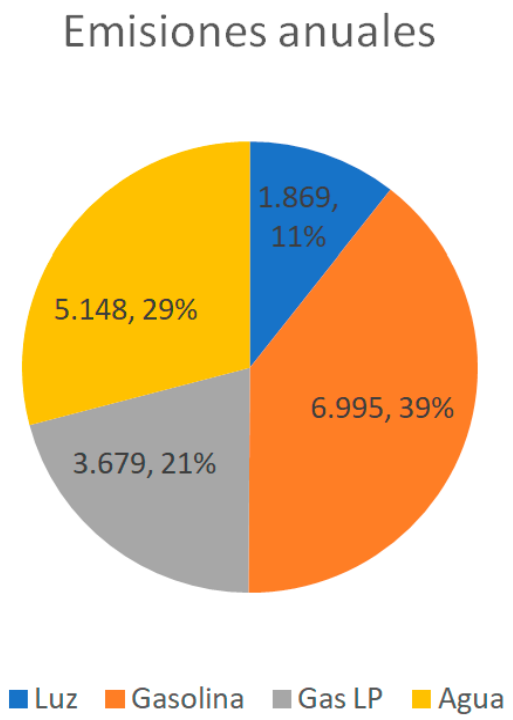


Figura 1. Porcentaje de las emisiones anuales en t CO_2e por tipo de fuente.

Resultados

A partir del año 2012 se han realizado 398 inventarios personales, de los cuales 283 tienen un cálculo adecuado. Motivo por el cual, el universo del que partimos para presentar los resultados globales se concentra en 283 inventarios de GEI, solamente para emisiones de CO_2equivalente y se presentan los resultados globales (cuadro 5 y figura 2).

Cuadro 6. Emisiones per cápita anuales expresadas en t CO_2e

Categoría	Alumnos	Emisiones promedio per capita t CO_2e
Baja	62	0.7
Media	108	4.2
Alta	92	8.6
Muy alta	21	22.3
Total	283	

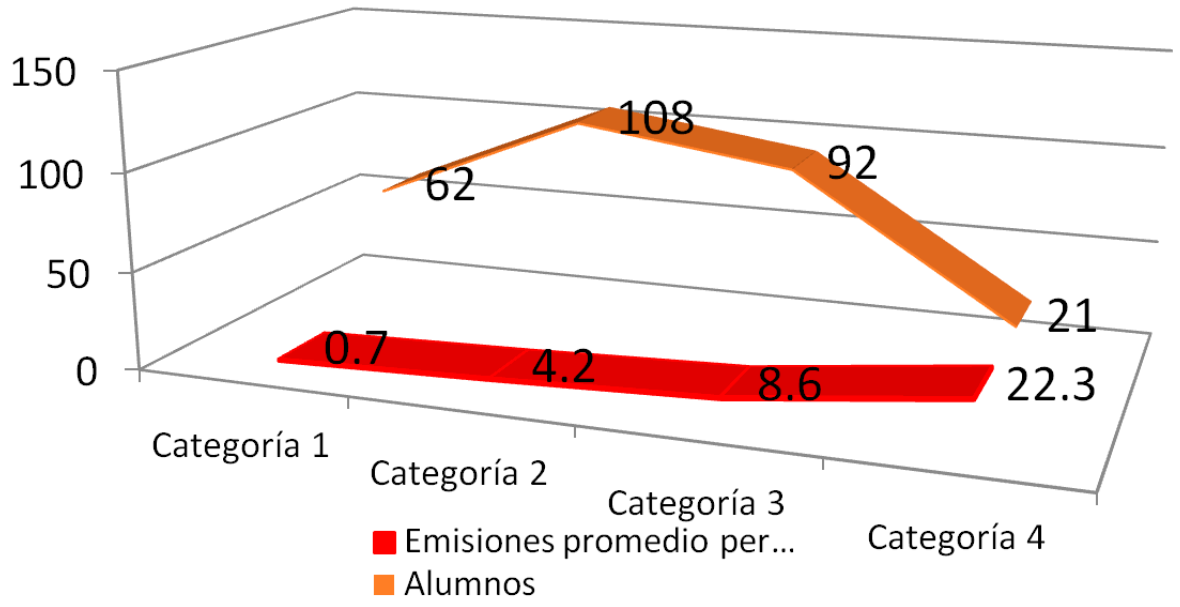


Figura 2. Comportamiento de las emisiones per cápita promedio expresadas en t CO_2e.

De los resultados obtenidos podemos estimar una emisión promedio ponderada de 6.026 t CO_2e para cada participante del inventario.

En los resultados globales se aprecian diferencias significativas que nos permite sugerir cuatro categorías usando el promedio nacional como referente: entre 3.79 y 4.45 y 6.02 para tCO_2e (Knoema, 2020; TGE, 2020) a fin de establecer los criterios de categorización conforme al comportamiento de los datos de base: a) baja, b) media, c) alta y d) muy alta.

La categoría de bajas emisiones (con un promedio de 0.7 tCO_2e anuales) corresponde a personas que viven cerca del centro de estudio y casi no consumen gasolina, o bien usan trasporte eléctrico; han modificado el equipo sanitario e hidráulico y reciclan el agua; consumen menos luz pues han cambiado sus dispositivos electrodomésticos y no dejan nada conectado a la luz; por último, han sustituido el consumo de gas LP con la instalación y uso de calentadores solares (figura 3).

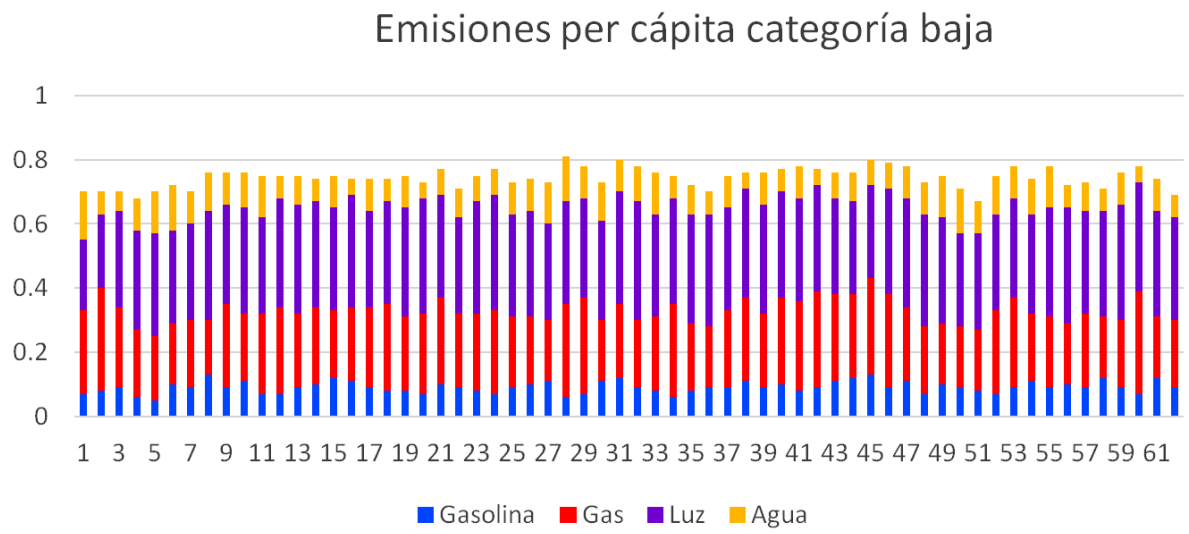


Figura 3. Emisiones per cápita categoría baja (tCO_2e anuales).

La categoría de emisiones media (con un promedio de 4.2 tCO_2e y está dentro del promedio nacional que va de 3.79 a 4.45 tCO_2e anuales -Knoema, 2020; TGE, 2020-) corresponde a personas que habitan cerca del centro de estudio y casi no consumen gasolina, o bien usan trasporte eléctrico; han modificado el equipo sanitario e hidráulico, reciclan el agua o usan las instalaciones sanitarias y de regaderas del campus; consumen menos luz pues han cambiado sus dispositivos electrodomésticos y procuran no dejar nada conectado a la luz y compensan con uso eléctrico del campus; por último, tardan menos en la ducha y consumen lo básico de gas LP pues cocinan una vez a la semana, con preparación de carnes frescas algunos ya cuentan con la instalación y uso de calentadores solares (figura 4).

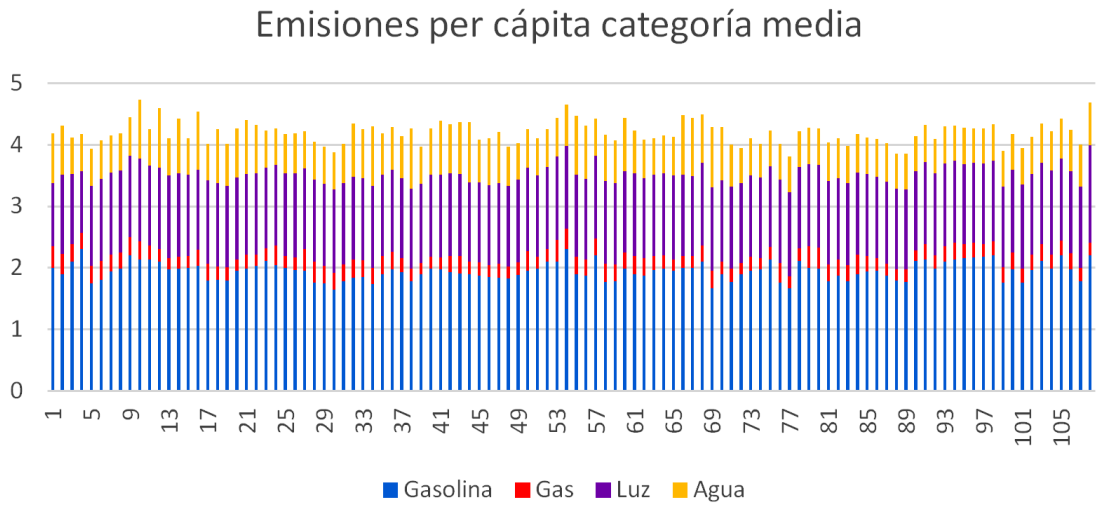


Figura 4. Emisiones per cápita categoría media (tCO_2e anuales).

La categoría de emisiones alta (con un promedio de 8.6 tCO_2e que es el doble de las emisiones promedio-) corresponde a personas que no habitan cerca del centro de estudio y deben consumir gasolina con un vehículo compacto y recorridos de 7 Km al día, o bien usan trasporte escolar; han modificado el equipo sanitario e hidráulico, reciclan el agua o usan las instalaciones sanitarias y de regaderas del campus; consumen menos luz pues han cambiado sus dispositivos electrodomésticos y compensan con uso eléctrico del campus; su baño es de más de 10 minutos en la ducha y consumen lo normal de gas LP pues cocinan diario, algunos ya cuentan con la instalación y uso de calentadores solares (figura 5).

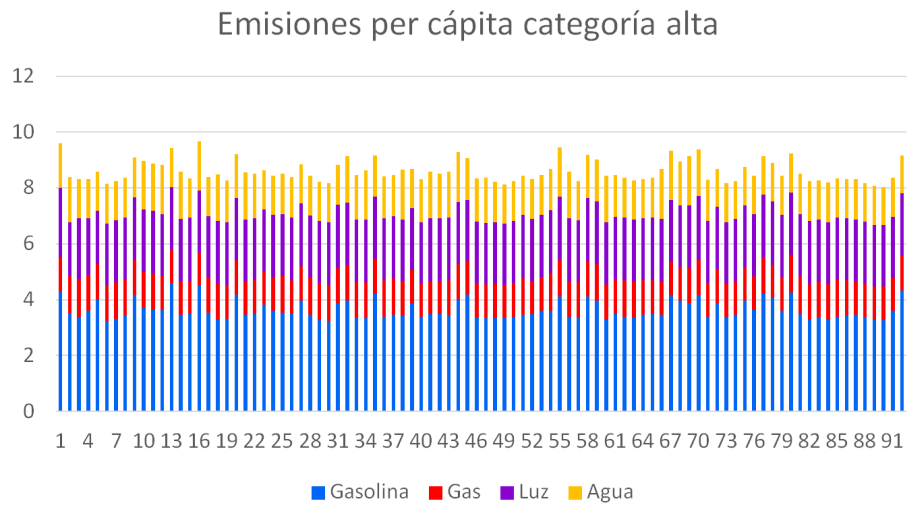


Figura 5. Emisiones per cápita categoría alta (tCO_2e anuales).

La categoría de emisiones muy alta (con un promedio de 22.1 tCO_2e -cuatro veces el promedio nacional) corresponde a personas que no habitan cerca del centro de estudio y consumen gasolina (que se acentúa con el tráfico) con recorridos mayores a 20 Km al día en vehículos grandes y salidas a provincia de forma regular (más de 20 mil Km anuales); equipo sanitario e hidráulico normal, usan las instalaciones sanitarias y de regaderas del campus; consumen más luz pues tienen mayor equipo de iluminación y electrodomésticos que están permanentemente conectados; consumen gas LP en cocina, calentador y secadora de ropa (figura 6).

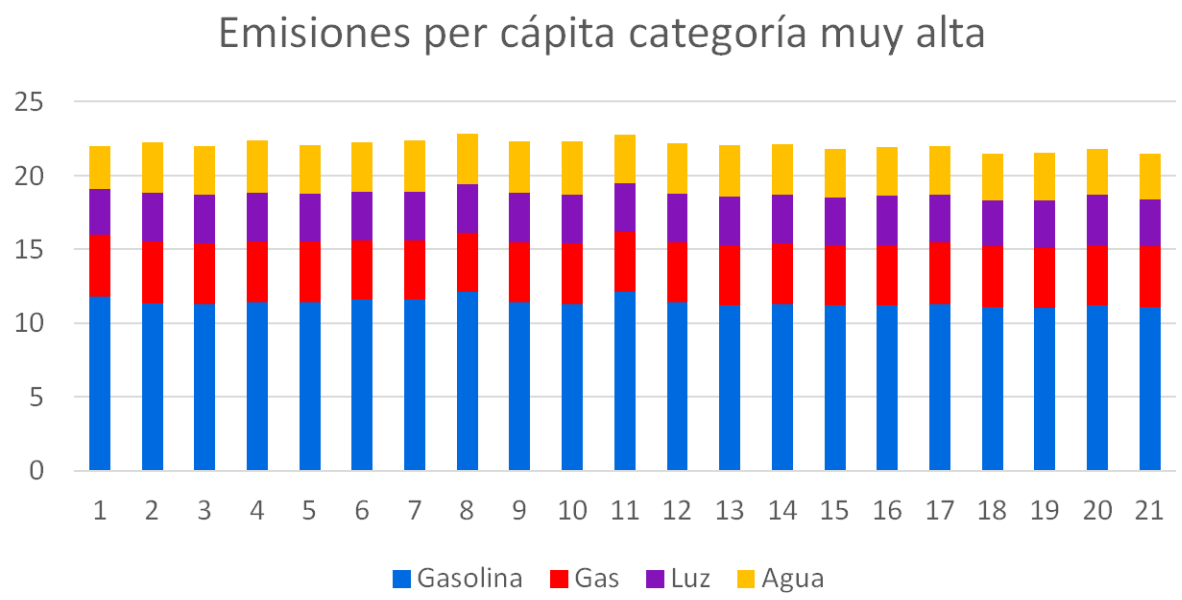


Figura 6. Emisiones per cápita categoría muy alta.

Discusión

A nivel mundial se reportan las emisiones per cápita de cada mexicano para el periodo comprendido de 1960 a 2012 (figura 7). Podemos apreciar que para el año de 1960 las emisiones per cápita en promedio eran de 1.8 t CO_2e, de 1960 1984 se da un incremento paulatino hasta llegar a las 4.3 t CO_2e; en 1985 durante la crisis se aprecia una disminución de las emisiones hasta llegar a las 3.8 t CO_2e y así se mantiene con altibajos hasta el año de 1997 (asociado a la crisis económica que ocurrió en el país); de 1998 hasta el 2008 se vuelve a observar un incremento en la emisiones hasta llear a un tope de 4.45 t CO_2e; nuevamente en el año 2009 hay cambios y se contraen las emisiones pero se mantienen en las 4 t CO_2e en promedio de acuerdo con TGE (2020).

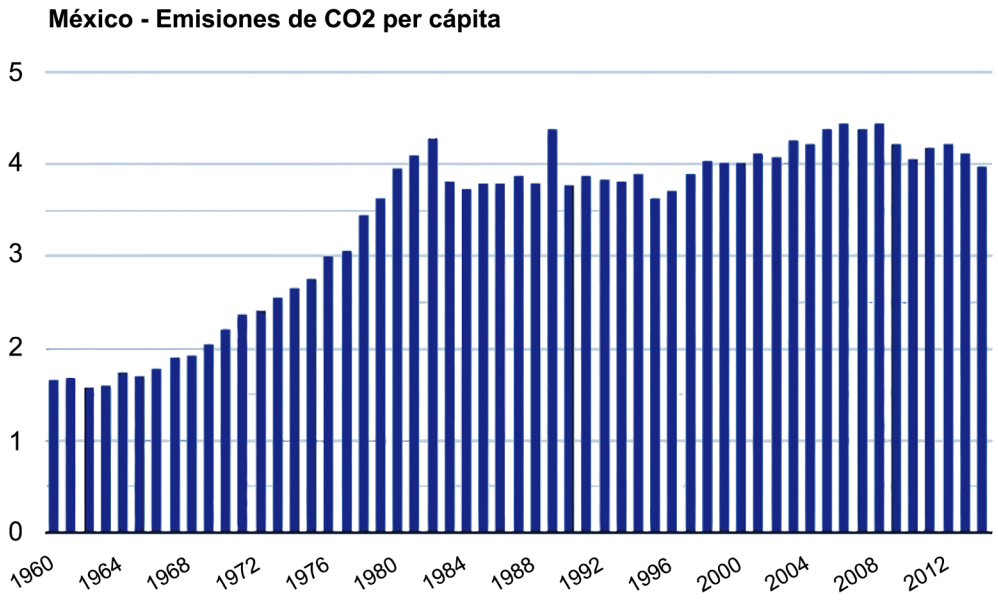


Figura 7. Emisiones per cápita en t CO_2e de los mexicanos para el periodo 1960-2012 (fuente TGE, 2020)

Respecto a los reportes de México, se estima que las emisiones per cápita de t CO_2e para el año 2018 son de 3.79 (Knoema, 2020) y se aprecia una caída escalonada de las emisiones para el periodo 2012-2018 (figura 8).

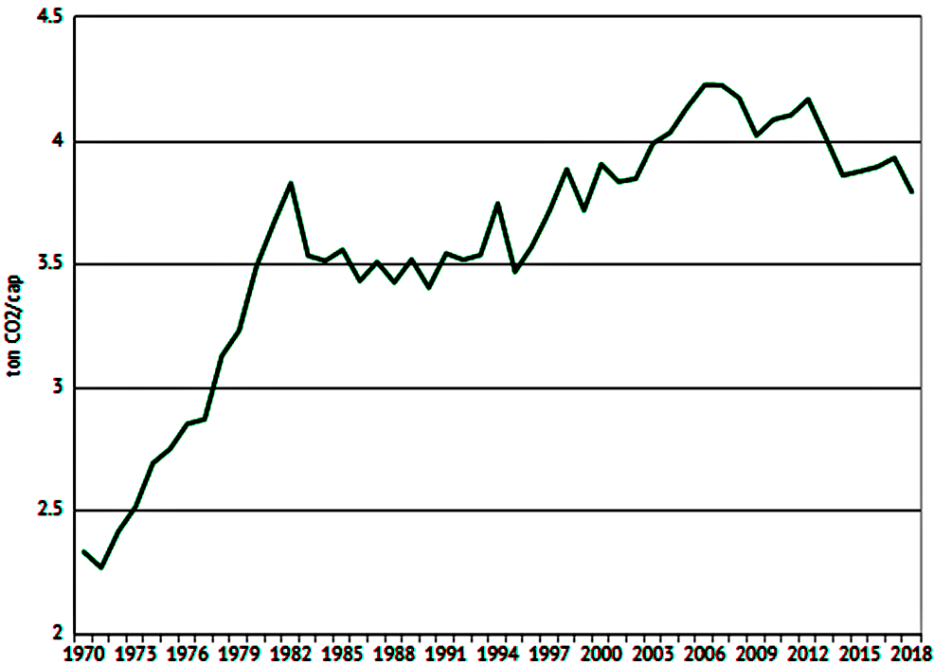


Figura 8. Emisiones per cápita de los mexicanos en t CO_2e para el periodo 1970-2018 (fuente: Knoema, 2020).

Los resultados del presente estudio nos permiten calcular un promedio ponderado per cápita de 6.206 t CO_2e es decir, que esta 167.72 % arriba del promedio nacional. El establecer categorías de emisiones basado en las emisiones promedio nacional nos permiten apreciar que nuestro desarrollo implica el consumo diferencial de gasolina u gas, ya que estos se acentúan en las 4 categorías, es decir ahí se muestra la relevancia del uso de los combustibles fósiles y la necesidad de migrar a sistemas eficientes de producción de energía limpia y de precio justo. Al cambiar los calentadores de gas por solares podemos apreciar un ahorro en la facturación y en la reducción de emisiones, la tasa de retorno aún es un dilema pues necesitas más de 10 años para empezar a ver la compensación económica (éste es, el factor clave de la innovación, implementación, sustitución y renovación de los equipos clave para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en particular del CO_2e). La reforma energética en México ha dado espacio a la generación de nuevas tecnologías e innovación, pero debe ser muy clara pues aun no beneficia a la nación.

Durante el levantamiento de información surgieron diferentes observaciones que pueden dar espacio para varios nuevos capítulos de un libro en el conocimiento de el rol de México y el de cada ciudadano para adaptarnos y mitigar las emisiones de CO_2e. Hay mucho para compartir y ser más eficientes. Parte de nuestro tiempo e ingreso se pierde en el transporte y gasto de la gasolina, esta pandemia nos ha permitido darnos cuenta del ahorro en tiempos de traslado y ahorros en gasolina.

2. Conclusiones

Los inventarios de emisiones en t CO_2e, nos permiten hacer un análisis fino de nuestra contribución personal al cambio climático, nos permite apreciar cual es la fuente que más emite CO_2e e identificar alternativas viables cambiando nuestros hábitos o modificando en la medida de lo posible los equipos que más contaminan.

El transporte personal genera una huella significativa de emisiones de CO_2e como se aprecia en la figura 1, siendo responsable del 39% de las emisiones totales y es por ello que una ciudad como la de México, debe contar con vialidades aptas, transporte público eléctrico (no de diesel) contar con un ordenamiento territorial y ponerlo en práctica, para muchos estudiantes el tiempo de traslado de su casa a la escuela cada día, deja una huella ambiental muy alta y es una razón para diseñar sistemas eficientes y sobre todo seguros que nos permitan la movilidad en una ciudad que carece de planificación. El consumo de gasolina es clave y siempre hay un faltante cuando cargas gasolina que va del 5 al 9%.

Respecto al consumo de gas LP podemos apreciar que son 29% del total de las emisiones, dado que México tiene una ubicación geográfica muy particular con altos índices de radiación

solar, podemos apreciar que complementando el uso de un calentador solar, podemos disminuir las emisiones de CO_2e a más de la mitad, no hay programa de gobierno que eficiente la producción y acceso a los calentadores solares perdiendo una oportunidad de marketing y generación de empleos, aunado a la disminución de emisiones de CO_2e. Identificamos que muchos proveedores de gas LP cobran más de lo que cargan en el tanque estacionario (de 10 a 15%) y que los cilindros no siempre tienen el peso adecuado faltando 4 o 5 kg.

El consumo de agua potable en una ciudad con una precipitación que va de 600 a 1,200 mm nos permite ver primero la importancia de preservar el entorno natural, ya que la CdMx es originalmente un lago que fue adaptado para el desarrollo urbano con respeto cero al ambiente y la biodiversidad, el agua que consumimos, ha agotado el manto freático y se importa mas del 50% del sistema Cutzamala, es decir tomamos el agua de otros ecosistemas para nuestro consumo personal, sin conocer la capacidad de carga de la cuenca del Cutzamala y lo peor es que al agua residual no se le da un tratamiento adecuado como para volverla a usar, solo podemos apreciar una cultura del despilfarro e ignorancia. Esto se acentúa por la corrupción de las administraciones nacionales, ya que cobran un promedio estimado de consumo bimestral y no checan los medidores.

Por último, el consumo de luz, se a cuadruplicado en cada persona y se acentúa ahora en la pandemia del Covid-19, llegando a consumir casi el triple de lo que se consume generalmente. La desaparición de empresas como Luz y Fuerza del Centro, garantizaban precios accesibles y consumo medido que podía ser perfectamente auditado por el consumidos, con la Reforma Energética tenemos un rezago en el desarrollo, mantenimiento y calidad en el servicio de 50 años, dando como resultado un beneficio neto para los especuladores y para los dueños de las concesiones pagados con los impuestos de los ciudadanos. Se debe desarrollar proyectos de pequeña escala que permitan contar con energía eléctrica, en nuestro país el 30% de las personas no cuentan con electricidad y mucho menos con electrodomésticos. Cambiar luminarias por nueva tecnología es importante, pero corremos el riesgo de que nos vean la cara e importemos todo lo que otras naciones ya no usan por ser peligrosas para nuestra salud, como las bombillas ahorradoras que tienen gas mercurio como precursor.

Debemos tener responsabilidades comunes pero diferenciadas, este ejercicio sirve para saber cuánto contaminamos en t CO_2e, cual es la fuente que debemos tomar en cuenta para disminuir nuestra huella de carbono, como podemos identificar si el consumo que pagamos es real o nos están robando, pequeñas acciones personales puedan cambiar significativamente un desarrollo responsable y en armonía con la naturaleza.

Referencias

Comisión Reguladora de Energía (CRE). (2020). Aviso del Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019. Gobierno de México. CRE. Ciudad de México, a 27 de febrero de 2020. Consultado el 03/08/2020. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537538/2019.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 32pp. ISBN 978-607-7607-08-3

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2015). Guía de Usuario registro nacional de emisiones (rene) para el reporte de emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 60 pp.

Gaskins, W. B., Johnson, J., Maltbie, C., and Kukreti, A. R. (2015). Changing the learning environment in the college of engineering and applied science using challenge-based learning. Int. J. Eng.Ped. 1:33-41. https://doi.org/10.3991/ijep.v5i1.4138

Gay C., Martínez, J. (1995). Mitigation of emissions of greenhouse gases in México. en Interciencia, Nov.-Dec. 1995. 20(6): 336-342

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Coordinación del Programa de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México. (ISBN: 978-607- 8246-63-2).

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2015. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Coordinación del Programa de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1992). Climate Change 1992. The Suplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1995). Climate Change 1995. The Suplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). Cambio Climático, 2001; Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas. Una evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el Cambio climático. 94 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2008). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. 20 pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Overview: Subject to final copyedit and layout. 15 pp.

Knoema. (2020). Atlas mundial de datos. medio ambiente: México - Emisiones de CO_2 (toneladas métricas per cápita). Consulta 03/08/2020. https://knoema.es/atlas/M%C3%A9xico/Emisiones-de-CO2-toneladas-m%C3%A9tricas-per-c%C3%A1pita

Membrillo-Hernández, Jorge; Miguel de J. Ramírez-Cadena; Carlos Caballero-Valdés; Ricardo Ganem-Corvera; Rogelio Bustamante-Bello; José Antonio Benjamín Ordoñez-Díaz and Hugo Elizalde-Siller. (2018). Challenge Based Learning: The Case of Sustainable Development Engineering at the Tecnológico de Monterrey, Mexico City

Campus. Advances in Intelligent Systems and Computing, 715, pp. 908-914. (DOI: 10.1007/978-3-319-73210-7_103).

Membrillo-Hernández, J.; Ramírez-Cadena, M.J.; Caballero-Valdés, C.; Ganem- Corvera, R.; Bustamante-Bello, R.; Ordoñez-Díaz, J.A.B. and Elizalde Siller, H. (2018). Challenge- based Learning: The Case of Sustainable Development Engineering at the Tecnológico de Monterrey, Mexico City. Int. J. Eng. Ped. 8 (3): 137-144.

Ordóñez Díaz, J.A.B. (1999). Captura de Carbono en un Bosque Templado: El Caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. Distrito Federal, México. 72 p. (ISBN: 968-817-375-4).

Ordóñez, J.A.B.; Conde, L.A.; Aviña, F.L.; Cruz-Núñez, X.; Flores, A. y Balam, L. (2010). Manual de referencia rápida para el desarrollo de inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero para los diferentes sectores en México. Instituto Nacional de Ecología (INE) - Embajada Británica en México - Centro de Diálogo y Análisis sobre América del Norte (CEDAN) del Tecnológico de Monterrey. Distrito Federal, México. 51 p.

Registro Nacional de Emisiones (RENE). (2020). Calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Hoja de cálculo en Excel.

Uribe Botero, Eduardo. (2017). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Naciones Unidas, diciembre de 2015. Todos los derechos reservados Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile. 86pp.

The global economy (TGE). (2020). Emisiones per cápita para México. Consulta 03/08/2020. https://es.theglobaleconomy.com/Mexico/Carbon_dioxide_emissions_per_capita/

Zavala Hidalgo, Jorge y Rosario Romero. (2020). Cambio climático, ¿Qué sigue? ¿cómoves? Revista de divulgación de la Ciencia, UNAM. Número 109. Pp 10-17. 2 de agosto de 2020. Consulta 03/08/2020. http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/109/cambio-climatico-que-sigue

ANEXO

Anexo 1. Cuadro de consumos promedio para electrodomésticos tipo.

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
Abrelatas eléctrico	Genérico	69%			60Wh
Afeitadora	Genérica, antigua	88%			15Wh
Afeitadora (con cargador)	Philips, 2007	100%			0,7Wh
Aire acondicionado	Genérico, 2200 frigorías, 8800 BTU	30%			1350Wh
Aire acondicionado	Genérico, 2500 frigorías, 10000 BTU	30%			1800Wh
Aire acondicionado	Genérico, 3000 frigorías. 12000 BTU	30%			935Wh
Aire acondicionado	Genérico, antiguo	69%			2950Wh
Aire acondicionado	Panasonic	100%	1,6Wh	1,6Wh	558,6Wh
Aire condicionado	Genérico	89%	41,4Wh	27,6Wh	690Wh
Altavoces PC / bocinas / parlantes	Pequeños, laterales	100%	0Wh		4Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
Altavoces / bocinas / parlantes	Genérico	89%	2,3Wh		3,45Wh
Altavoces / bocinas / parlantes	Subwofer genérico	89%	0,023Wh		23Wh
Aspiradora	Genérica, 750 watt	88%			675Wh
Aspiradora	Genérico	69%			1200Wh
Aspiradora	Genérico	54%			1300Wh
Aspiradora	Genérico	70%			1200Wh
Aspiradora	Genérico	74%			700Wh
Baby cook	Beaba (2011)	98%			350Wh
Batidora	Genérico	54%			200Wh
Batidora	Genérico	88%			250Wh
Batidora	Genérico	70%			250Wh
Batidora manual	Genérico	69%			140Wh
Bocinas (ver Altavoces)					
Bomba de agua	Genérico	69%			400Wh
Bomba de agua	Genérico, 1 HP	54%			746Wh
Bomba de agua	Generico, 1/2 hp	88%			440Wh
Bomba de agua	Genérico, presión 1/2 hp	88%			368Wh
Bomba de agua	Genérico, presión 3/4 hp	88%			552Wh
Bomba de piscina	Genérico	54%			800Wh
Bombilla (mirar lámparas)					
Cadena música	Genérico	69%			75Wh
Cadena música, equipo musica	Genérico	70%			40Wh
Cadena música, equipo musica	JVC	89%		27,6Wh	46Wh
Cadena musical	Genérico	88%			80Wh
Cafetera	Genérico	54%			600Wh
Cafetera	Genérico	69%			700Wh
Cafetera	Genérico, potencia 900 watt	88%			720Wh
Cafetera	MiniMoka M-372	100%	0Wh		725,6Wh
Calefactor (aire caliente)	Agni	100%	0Wh		963,1Wh
Calefactor (resistencias)	Genérico	69%			1300Wh
Calentador de agua / terma eléctrica	Genérico	54%			1500Wh
Calentador de agua / termo eléctrico	Genérico	99%	0Wh	8Wh	20Wh
Calienta biberones y comida	Philips Avent (2011)	98%			330Wh
Calienta toallas	Palmi, pequeño 45 W (2011)	98%			45Wh
Calienta toallas	Palmi, pequeño 60 W (2011)	98%			65Wh
Calienta toallas	Siemens, grande 400 W (2011)	98%			400Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
Calienta toallas	Siemens, mediano 175 W (2011)	98%			175Wh
Cargador teléfono móvil	Genérico	89%	1,15Wh		4,83Wh
Cargador teléfono móvil	Nokia (2011)	100%	0Wh		3,1Wh
Cocina eléctrica (ver Fogones)					
Computadora (ver PC)					
Congelador (ver Neveras)					
Cortacorrientes	Genérico	99%			3Wh
Cuchillo eléctrico	Genérico	69%			95Wh
Digitalizador (ver Escaner)					
Enceradora	Genérico	88%			500Wh
Enmicadora (ver Plastificadora)					
Equipo de sonido (estéreo)	Genérico	54%			120Wh
Escanner	HP Scanjet G2410	98%			275Wh
Escaner	Genérico	54%			150Wh
Esterilizadora	Philips Avent (2011)	98%			1000Wh
Estufa cuarzo	Genérico	70%	0Wh		1000Wh
Estufa de cuarzo	Generico, 1200 W	88%	0Wh		1200Wh
Estufa eléctrica	Genérico	70%	0Wh		2000Wh
Estufa-radiador de aceite	Cata RAT9 1900W-2000W (2008)	100%	0Wh	0Wh	755,4Wh
Estufa-radiador de aceite	EV Confort, REA-TD 1000 w (2011)	98%			1000Wh
Estufa-radiador de aceite	EV Confort, REA-TD 350 w (2011)	98%			350Wh
Estufa-radiador de aceite	EV Confort, REA-TD 750 w (2011)	98%			750Wh
Estufa-radiador de aceite	Cata Rat 9, 2000 W (2008)	100%	0Wh		755,4Wh
Exprimidora	Genérico	69%	0Wh		250Wh
Exprimidora	Genérico	69%	0Wh		35Wh
Exprimidora	Genérico	88%	0Wh		450Wh
Extractor de aire (campana)	Genérico	88%			500Wh
Extractor de humos (campana)	Datid HW400 (2011)	98%			120Wh
Extractor humos (ventilador simple)	Genérico	88%			25Wh
Extractor de jugo (ver exprimidora)					
Fax (aparato enviador/receptor)	Genérico	54%			150Wh
Fogones eléctricos	Genérico, 4 fogones	54%			4500Wh
Fogones inducción	Bosch, 1 fogón de 15 cm (2011)	98%			1400Wh
Fogones inducción	Bosch, 1 fogón de 21 cm (2011)	98%			2200Wh
Fogones vitrocerámica	Bosch, 1 fogón de 15 cm (2011)	98%			1200Wh
Fogones vitrocerámica	Bosch, 1 fogón de 21 cm (2011)	98%			2200Wh
Fogones vitrocerámica	Frantid HGC4K (2011)	98%			1800Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
Fotocopiadora	Genérico	54%			900Wh
Fotocopiadora	Xerox	74%			1100Wh
Freidora	Generico, 2000 W	88%			1000Wh
Freidora eléctrica	Genérico	74%			1100Wh
Hervidor de agua / Jarra eléctrica	Genérico	54%			1500Wh
Hornillo eléctrico/Anafe	Genérico	88%			1500Wh
Horno de aire forzado	Datid OV8 (2011)	98%			790Wh
Horno eléctrico	Frantid OV5 (2011)	98%			790Wh
Horno eléctrico	Genérico 950W	69%			950Wh
Horno eléctrico	Genérico 1200W	74%			1200Wh
Horno eléctrico	Genérico, 1300 W (2011)	88%			1040Wh
Horno microondas	1.2 ft3	74%			1520Wh
Horno microondas	Datid MW6 (2011)	98%			1000Wh
Humidificador	Honeywell, EH-5200 E (2011)	98%			36Wh
Humidificador	Vapor frio EH3100 E (2011)	98%			26Wh
Impresora	Laser Brother HL2240D monocromo (2011)	98%	0,9Wh	65Wh	495Wh
Impresora	Laser Brother HL2250D monocromo (2011)	98%	0,9Wh	65Wh	495Wh
Impresora	Laser HP P1102W monocromo (2011)	98%	0,6Wh	2,7Wh	370Wh
Impresora	Laser HP P2055D monocromo (2011)	98%	0,4Wh	8Wh	570Wh
Impresora	Tinta Brother Multifuncion MFC-5490CN (2011)	98%	4,5Wh	6Wh	27Wh
Impresora	Tinta Canon Pixma IP2700 (2011)	98%		0,7Wh	11Wh
Impresora	Tinta Canon Pixma IP4850 (2011)	98%		1,1Wh	17Wh
Impresora	Tinta Epson Stylus S22 (2011)	98%		1,2Wh	10Wh
Impresora	Tinta HP Deskjet 1000 (2011)	98%	0,3Wh	1,1Wh	10Wh
Impresora	Tinta HP Officejet 6000 Ethernet (2011)	98%	0,4Wh	3,1Wh	32Wh
Impresora	Tinta HP Officejet 8000 Whifi (2011)	98%	0,32Wh	3,5Wh	25,2Wh
Jacuzzi	Elder pool	98%			550Wh
Jarra eléctrica (ver Hervidor de agua)					
Jugueras (ver Exprimidoras)					
Lámpara	Fluorescente 32 W, genérico	74%			32Wh
Lámpara	Fluorescente 40 W, genérico	74%			40Wh
Lámpara	Genérica, dicroica 20W	88%			23Wh
Lámpara	Genérica, fluorescente compacto, 11 W	88%			11Wh
Lámpara	Genérica, fluorescente compacto, 15 W	88%			15Wh
Lámpara	Genérica, fluorescente compacto, 7 W	88%			7Wh
Lámpara	Genérico, tubo fluorescente, 40W	88%			40Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
Lámpara	Bombilla filamento 40W	100%	0Wh		41Wh
Lámpara	Bombilla filamento 60W	100%	0Wh		61Wh
Lámpara	Bombilla filamento 100W	100%	0Wh		101Wh
Lámpara pequeña niños	Genérica	100%			0,1Wh
Lavadora	6 Kg	74%			330Wh
Lavadora	Antigua - genérica	70%			2850Wh
Lavadora	Lavadora A++	80%			350Wh
Lavadora	Renlig FWM5 (algodón, 60º, ciclo completo) (2011)	98%			950Wh
Lavadora	Renlig FWM7 (algodón, 60º, ciclo completo) (2011)	98%			1050Wh
Lavadora	Renlig IWM60 (algodón, 60º, ciclo completo) (2011)	98%			1020Wh
Lavadora aeroburbujas	Genérico	74%			550Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	1 lavado completo 50ºC - Bosch SPI5322 3000W	100%		1,1Wh	797Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	1 lavado completo 65ºC - Bosch SPI5322 3000W	100%		1,1Wh	1148Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	Genérico, 1990	71%			1740Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	Genérico, 2008	71%			980Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	Lagan DW60 (potencia por ciclo completo) (2011)	98%			1050Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	Nudit DW60 (potencia por ciclo completo) (2011)	98%			1050Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	Renlig DW45 (potencia por ciclo completo) (2011)	98%			800Wh
Lavaplatos / Lavavajillas	Renlig DWTI60 (potencia por ciclo completo) (2011)	98%			1050Wh
Lector-reproductor	Grabador DVD sin nombre	89%	2,76Wh	6,9Wh	25,3Wh
Lector-Reproductor CD/DVD	DVD Woxter	100%		1Wh	12,2Wh
Lector-Reproductor CD/DVD	Samsung DVD-HD870	100%		0,9Wh	8,7Wh
Lector-Reproductor vídeo VHS	Genérico	89%		4,6Wh	9,2Wh
Licuadora	5 velocidades	74%			450Wh
Licuadora	Genérico	69%			350Wh
Luz (ver lámparas)					
Manta eléctrica	Beurer HD90, 180 x 130 (2011)	98%			100Wh
Manta eléctrica	HDM, 180 x 140 cm (2011)	98%			180Wh
Maquina de coser	Genérico	88%			100Wh
Máquina de coser	Genérico	69%			125Wh
Máquina de coser	Genérico	88%			100Wh
Microondas	Genérico	69%			1200Wh
Microondas	Genérico	70%			2000Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
Microondas	Genérico, 800 W	88%			640Wh
Monitor de PC (ver PC monitor)					
Nevera	21 ft3	74%			1020Wh
Nevera	Combis, genérica (año 1990)	71%			570Wh
Nevera	Combis, genérica (año 2008)	71%			220Wh
Nevera	Congelador, genérica (año 2008)	71%			190Wh
Nevera	Congelador, genérica (año 1990)	71%			760Wh
Nevera	Frigorífico, genérica (año 1990)	71%			530Wh
Nevera	Frigorífico, genérica (año 2008)	71%			110Wh
Nevera	Genérico, con congelador, 195 W	88%			98Wh
Nevera	Mediana, generico (media 24 horas=550Wh en total)	99%			22,92Wh
Nevera	Genérico	70%			400Wh
Nevera	Genérico	69%			575Wh
Nevera Congelador grande	OEM,JNS, 166 X 67,5 X 81,5 cm (2011)	98%			100Wh
Nevera Congelador grande (residencial)	Genérico	54%			250Wh
Nevera Congeladora comercial	Genérico	54%			500Wh
Nevera	Genérico, 150 W	88%			63Wh
Nevera-congelador (frigorífico-congelador)	Frantid FC323/ 78 (2011)	98%			890Wh
Nevera-congelador (frigorífico-congelador)	Frantid FCF245/ 126 (2011)	98%			849Wh
Olla arrocera	Genérico	54%			1000Wh
Ordenadores (ver PC)					
Pantalla PC	CRT IBM antiguo	100%		0,4Wh	48Wh
Parlantes (ver Altavoces)					
Parrilla eléctrica	Genérico	74%			850Wh
Parrilla eléctrica	Genérico	69%			850Wh
PC (sólo monitor)	CRT genérico, 14 pulgadas	100%	0Wh	5,79Wh	60Wh
PC (sólo monitor)	CRT genérico, 19 pulgadas	77%			90Wh
PC (sólo monitor)	LCD, LG Flatron E1900E, 19 pulgadas	50%			100Wh
PC (sólo monitor)	LCD genérico, 19 pulgadas	77%			40Wh
PC (sólo monitor)	CRT muy antiguo, 14 pulgadas	74%			75Wh
PC Netbook	Acer, AOD255-2DQKK, 10.1 pulgadas (2011)	99%			40Wh
PC Netbook	Acer, AOD255-2DQRR, 10.1 pulgadas (2011)	99%			48Wh
PC Netbook	Acer, ASPIRE ONE, 10.1 pulgadas (2011)	99%			40Wh
PC Netbook	Asus, 1215N-BLK078M (2011)	99%			40Wh
PC Netbook	Asus, EEE PC 1215N-SIV063M (2011)	99%			40Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
PC Netbook	Samsung N230-JA02ES (2011)	99%			40Wh
PC NetBook	Acer Aspire One D255 (2011)	98%			40Wh
PC portatil	Acer, EME725-452G64MIKK T4500 (2011)	99%			65Wh
PC portatil	Asus, A52JE-EX187V (2011)	99%			90Wh
PC portatil	MacBook pro I5-2410 (2011)	99%		0,6Wh	63,5Wh
PC portátil	Dell D410 (2010)	99%	3Wh	3Wh	35Wh
PC portátil	Fujitsu	89%	3,45Wh	3,45Wh	33,35Wh
PC portátil	IBM	89%	4,6Wh	4,6Wh	18,4Wh
PC portátil	Toshiba (2006)	100%	0,2Wh		22,1Wh
PC sobremesa (sólo la torre)	Acer, AX3950 3.2GHZ/4GB	99%			220Wh
PC torre	HP	99%	10Wh	10Wh	70Wh
PC torre	PC torre, (2003)	100%	1,4Wh		51Wh
PC iMac sobremesa (sólo la torre)	Apple, iMac Core, I3-540 3.06GHZ/4GB	99%	0,6Wh	129,6Wh	365Wh
PC iMac sobremesa (sólo la torre)	Apple, iMac Core, I3-550 3.2GHZ/4GB	99%			241Wh
PC iMac torre	iMac 27'	99%	3Wh	3Wh	70Wh
Plancha	Genérico	69%			1200Wh
Plancha	Genérico	70%			1000Wh
Plancha de vapor doméstica	Genérico	74%			1070Wh
Plancha eléctrica	Genérico	54%			1000Wh
Plastificadora/Enmicadora	Genérico	74%			224Wh
Pulidora/abrillantadora suelo	Lux classic B-95 SL	98%			400Wh
Purificador de aire	Genérico	70%			55Wh
Radiador (ver Estufas)					
Radio	Genérico	69%			15Wh
Radio	Genérico, antigua, 40 W	88%			40Wh
Radiocassette	Sanyo (pequeño) (en modo cassette)	100%	0Wh		1,4Wh
Radiocassette	Sanyo (pequeño) (en modo radio)	100%	0Wh		0,1Wh
Radiocassette	Thomson AM1480	100%		8,1Wh	10,9Wh
Reloj	Genérico	88%			2Wh
Reloj digital/despertador	Genérico	86%			5Wh
Refrigerador (Ver Neveras)					
Reproductor DVD	Genérico	54%			200Wh
Reproductor VCR (Lectora Video)	Genérico	54%			100Wh
Reproductor VHS (videocassete)	Genérico	69%			25Wh
Reproductor VHS (videocassete)	Genérico	54%			100Wh
Rizador/alisador pelo aire caliente	Revlon R420E	98%			800Wh
Rizador/alisador pelo aire caliente	WL 0802 (2011)	98%			400Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
Rizadora/alisadora	Imetec IM1859 (2011)	98%			45Wh
Router ADSL (Internet)	Genérico	54%			30Wh
Router ADSL/Wifi	Genérico	89%	10,12Wh		10,12Wh
SAI	Genérico	99%	3Wh	3Wh	12Wh
Sandwichera	Genérico	74%			800Wh
Sandwichera / Waflera	Moulinex WD150280 (2011)	98%			650Wh
Scanner (ver Escaner)					
Secador pelo	Braum silencio 1200	100%	0Wh		522,5Wh
Secadora de pelo	Blowers (2011)	98%			1875Wh
Secadora de pelo	Genérico	69%			825Wh
Secadora de ropa	5 Kg	74%			270Wh
Secadora de ropa	Genérico 2000 W	70%			2000Wh
Switch/HUB	Conceptronic 8 puertos	98%			8Wh
Taladro (600 W)	Genérico	90%			600Wh
Taladro (750 W)	Genérico	98%			750Wh
Teléfono inhalámbrico (base)	Genérico	86%			25Wh
Terma eléctrica (ver Calentador de agua)					
Timbre de pared	Genérico	54%			10Wh
Tostadora	1 uso, Philips	100%	0Wh		24Wh
Tostadora	Genérico	88%			500Wh
Tostadora	Philips	100%	0Wh		1051Wh
Tostadora pan	Genérico	69%			900Wh
TV	CRT Blanco y negro, 21 pulgadas	70%			100Wh
TV	CRT Color, antigua	69%			150Wh
TV	CRT Color, Antigua, 21 pulgadas, genérico	70%			200Wh
TV	CRT muy antiguo, 14 pulgadas	74%			53Wh
TV	CRT genérico, 19 pulgadas	77%			90Wh
TV	CRT Genérico, Antigua 28’	89%	0Wh	9,2Wh	69Wh
TV	CRT Genérico, color, antuguo	88%			180Wh
TV	Sony Triniton	100%	0Wh	0,6Wh	65,7Wh
TV	DLP, 50-56 pulgadas	77%			206Wh
TV	LCD 37 pulgadas	99%	3Wh	3Wh	100Wh
TV	LCD, 18,5 pulgadas, LG M197WhDP-PZ (2011)	95%	1Wh	1Wh	35Wh
TV	LCD, 18,5 pulgadas, Samsung B2230HD	99%		0,3Wh	38Wh
TV	LCD, 19 pulgadas, Flatron m197wdp (2011)	95%	1Wh	1Wh	35Wh
TV	LCD, 21 pulgadas	74%			115Wh

Aparato	Tipo o marca	Fiabilidad	Consumo apagado	Consumo en pausa	Consumo encendido (1 hora)
TV	LCD, 21,5 pulgadas, Acer M190HQDL	99%			46Wh
TV	LCD, 21,5 pulgadas, Samsung B2230HD (2011)	98%		2Wh	51Wh
TV	LCD, 23 pulgadas, Acer M230HML	99%		0,7Wh	43Wh
TV	LCD, 23 pulgadas, Acer M230HML (2011)	98%		2Wh	54Wh
TV	LCD, 23 pulgadas, Samsung P2370HD HDMI (2011)	98%		0,3Wh	38Wh
TV	LCD, 23,6 pulgadas, Samsung P2470LHD panoramico	98%		0,7Wh	43Wh
TV	LCD, 27 pulgadas, LG. M2780D-PZ 27 (2011)	95%		0,74Wh	37,8Wh
TV	LCD, 32 pulgadas	77%			156Wh
TV	LCD, 34 pulgadas	74%			200Wh
TV	LCD, 40 pulgadas, HANNSPREE. SJ42DM-BB (2011)	95%	1Wh	1Wh	150Wh
TV	LCD, 42 pulgadas	77%			236Wh
TV	LCD, 50-56 pulgadas	77%			322Wh
TV	Plasma, 42 pulgadas	77%			464Wh
TV	Plasma, 50-56 pulgadas	77%			474Wh
Ventilador	Cata	100%	0Wh		35,1Wh
Ventilador	Taurus	100%	0,1Wh		36,4Wh
Ventilador de pié/pedestal	Genérico	74%			288Wh
Ventilador de techo	Airtecnics M2WP 90/32	98%			75Wh
Ventilador de techo	Airtecnics MP3N 120	98%			70Wh
Ventilador de techo	Genérico	60%			60Wh
Videocassete (ver reproductor)					
Videocónsola	HD cable box (disco duro externo)	77%			45Wh
Videocónsola	Nintendo Wii	99%			18Wh
Videocónsola	Playstation	89%		2,3Wh	23Wh
Videocónsola	PS2	77%			30Wh
Videocónsola	PS3	77%			194Wh
Videocónsola	Xbox	77%			70Wh
Videocónsola	Xbox 360	77%			185Wh
Vitrocerámica (ver Fogones)					
Waflera (ver Sandwichera)					
Water electrico bidé	Multiclin Pro (2011)	98%			500Wh

CAPITULO 17

LA EDUCACIÓN CLIMÁTICA PARA LA GOBERNANZA MULTINIVEL EN MÉXICO

Rueda J.[1] y Vargas R.[2]

[1] Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM jcrueda@pincc.unam.mx

[2] Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", Universidad Autónoma de Tamaulipas, Campus Tampico rocvargas@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Los impactos probables del cambio climático presentados por el IPCC en el Informe Especial de la elevación de la temperatura del año 2018, no solo implican modificaciones sustantivas en la habitabilidad terrestre, sino que lo más relevante es que les da una temporalidad y ubica que el conjunto de impactos estarían sucediendo antes del 2050. Ante dicho panorama, se hace necesario saber cómo se está educando a las generaciones actuales para que tengan conocimiento sobre el escenario climático proyectado. Para ello se hizo un ejercicio con profesores del Colegio de Ciencias y Humanidades donde sugieren que tipo de estrategias pedagógicas podrían usarse para dicha finalidad.

Palabras clave: cambio climático, impactos, gobernanza, educación ambiental, educación climática, Colegio de Ciencias y Humanidades

Abstract

The probable impacts of climate change presented by the IPCC in the Special Report on the rise in temperature of the year 2018, not only imply substantive changes in land habitability, but the most relevant thing is that it gives them a temporality and locates that the whole of impacts would be occurring before 2050. Given this scenario, it is necessary to know how current generations are being educated so that they have knowledge about the projected climate scenario. For this, an exercise was carried out with professors from the College of Sciences and Humanities of the UNAM where they suggested what type of pedagogical strategies could be used for this purpose.

Keywords: climate change, impacts, governance, environmental education, climate education, College of Sciences and Humanities

Introducción

Este capítulo trata de responder a las siguientes preguntas de investigación: ¿Estamos a tiempo para crear una cultura climática que sirva para revertir la crisis civilizatoria a la que nos enfrentamos? ¿Cómo se puede educar de manera transformadora en el tema climático, cuando los escenarios señalan que estamos al final de los tiempos para hacer una modificación profunda y radical? ¿Qué tipo de elementos deben enseñarse cuando parece que la esperanza está por acabarse?

Se educa para gobernar, se educa para la vida, se educa para poder tener una opinión bien informada. Se educa para poder tomar buenas decisiones individuales y colectivas, se educa para desarrollar competencias. En el caso del cambio climático, la educación debe servir para que los individuos accedan y ejerzan el derecho a implementar los mecanismos de gobernanza multinivel establecidos en la Ley General de Cambio Climático (LGCC), pero también para que participen de manera directa en la toma de decisiones —tanto en el ámbito de la Federación como en el subnacional y de los municipios.

En ese sentido, la LGCC señala que cada instancia de gobierno debe contar con al menos una oficina dedicada al tema climático, debiendo impulsar proyectos que impliquen opciones de mitigación y adaptación al cambio climático, así como la participación local y regional en las sesiones del Sistema Nacional de Cambio Climático, en el que también está presente el Poder Legislativo Federal y organismos desconcentrados y descentralizados de la Administración Pública.

El presente capítulo se conforma de cuatro segmentos: el primero describe brevemente los principales escenarios presentados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU (IPCC, por sus siglas en inglés) en su reporte especial de elevación de la temperatura; el segundo revisa los elementos principales de la gobernanza multinivel contenidos en la LGCC, sobre todo en relación al tema de la educación climática; partiendo de la idea de que se requieren nuevas formas de enseñar para hacer que las personas tomen consciencia sobre temas y problemas concretos, en el tercero se define qué es la educación transformadora; finalmente, se presentan los resultados de un ejercicio realizado con profesores del Colegio de Ciencias y Humanidades, que participaron en el curso de actualización “Cambio Climático y Escuela Sustentable” y los resultados de una encuesta realizada a 120 estudiantes del plantel Vallejo de dicho Colegio y que estuvo enmarcada en el contexto de la emergencia climática, seguido de un apartado de cierre.

1. El reporte especial sobre la elevación de la temperatura del IPCC y el fin de los tiempos

El 8 de octubre de 2018 fue presentado al mundo el Reporte Especial sobre la elevación de la temperatura del IPCC, en el cual hace referencia a que el planeta llegará al 1.5°C aproximadamente

en el año 2040 y que los 2°C llegarán para el 2060, con lo cual se inaugura una narrativa sobre el final del tiempo que tiene la humanidad para evitar que los mayores impactos asociados al cambio climático se presenten. Desde la narrativa de las Naciones Unidas, éste ha sido identificado como el punto de no retorno, el cual puede entenderse como el conjunto de eventos que habrán de presentarse en escalas de carácter local, pero que formarán parte del escenario del cambio climático global y que pone en riesgo la habitabilidad terrestre y humana. (Ver Tabla 1)

Tabla 1 Impactos adversos proyectos en 1.5°C vs 2°C

Nivel medio del mar	Para 2100, se proyecta que el aumento del nivel medio del mar sea alrededor de 0,1 metros más bajo con un calentamiento global de 1,5°C en comparación con 2°C (confianza media). El nivel del mar seguirá aumentando mucho más allá de los 2100 (alta confianza), y la magnitud y la velocidad de este aumento dependerán de las vías de emisión futuras. Una tasa más lenta de aumento del nivel del mar permite mayores oportunidades de adaptación en los sistemas humanos y ecológicos de las islas pequeñas, las zonas costeras bajas y los deltas (confianza media). Las proyecciones basadas en modelos del aumento medio del nivel del mar (en relación con 1986-2005) sugieren un rango indicativo de 0,26 a 0,77 m para 2100 para el calentamiento global a 1,5°C, 0,1 m (0,04-0,16 m) menos que para un calentamiento global de 2°C (confianza media). Una reducción de 0,1 m en el aumento del nivel del mar global implica que hasta 10 millones de personas menos estarían expuestas a riesgos relacionados, en función de la población en el año 2010 y suponiendo que no haya adaptación (confianza media). El aumento del nivel del mar continuará más allá de 2100, incluso si el calentamiento global se limita a 1.5°C en el siglo XXI (alta confianza). La inestabilidad de la capa de hielo marino en la Antártida y / o la pérdida irreversible de la capa de hielo de Groenlandia podrían provocar un aumento de varios metros en el nivel del mar durante cientos o miles de años. Estas inestabilidades podrían activarse entre 1,5°C y 2°C de calentamiento global (confianza media). El aumento del calentamiento amplifica la exposición de las islas pequeñas, las zonas costeras bajas y los deltas a los riesgos asociados con el aumento del nivel del mar para muchos sistemas humanos y ecológicos, incluido el aumento de la intrusión de agua salada, las inundaciones y los daños a la infraestructura (alta confianza).
Precipitación pluvial	Se considera que varios cambios regionales en el clima ocurren con el calentamiento global hasta 1.5°C en comparación con los niveles preindustriales, incluido el calentamiento de temperaturas extremas en muchas regiones (alta confianza), aumentos en la frecuencia, intensidad y / o cantidad de fuertes precipitaciones en varias regiones (confianza alta) Se proyecta que los riesgos de fuertes precipitaciones sean mayores a 2°C en comparación con el calentamiento global a 1.5°C en varias regiones del hemisferio norte de alta latitud y/o alta elevación, Asia oriental y Norteamérica oriental (confianza media). Las precipitaciones intensas cuando se agregan a escala global se proyectan para ser más altas a 2°C que a 1.5°C del calentamiento global (confianza media). Se proyecta que las fuertes precipitaciones asociadas con los ciclones tropicales serán mayores a 2°C en comparación con el calentamiento global de 1.5°C (confianza media).
Sequías	Aumento en la intensidad o frecuencia de las sequías en algunas regiones (confianza media).
Precipitación y sequías	Se proyecta que los riesgos de sequías y de precipitación serán mayores a 2°C en comparación con el calentamiento global de 1.5°C en algunas regiones (confianza media).
Días calurosos	Se proyecta que la cantidad de días calurosos aumentará en la mayoría de las regiones terrestres, con los aumentos más altos en los trópicos. (Alta confianza).
Inundaciones	Se proyecta que la fracción del área terrestre global afectada por los riesgos de inundaciones sea mayor a 2°C en comparación con los 1.5°C del calentamiento global (confianza media)

Biodiversidad y ecosistemas	Se proyecta que el calentamiento global de 1.5°C cambiará los rangos de muchas especies marinas a latitudes más altas y aumentará la cantidad de daños a muchos ecosistemas. El riesgo de pérdida irreversible de muchos ecosistemas marinos y costeros aumenta con el calentamiento global, especialmente a 2°C o más (confianza alta). En la tierra, se proyecta que los impactos en la biodiversidad y los ecosistemas, incluidas la pérdida y extinción de especies, serán menores a 1.5°C del calentamiento global en comparación con 2°C. Se proyecta que la limitación del calentamiento global a 1.5°C en comparación con 2°C reducirá los impactos en los ecosistemas terrestres, de aguas dulces y costeras y retendrá más de sus servicios a los seres humanos (alta confianza). De las 105,000 especies estudiadas, se proyecta que 96% de los insectos, 8% de las plantas y 4% de los vertebrados perderán más de la mitad de su rango geográfico determinado por el clima para el calentamiento global de 1.5°C, en comparación con el 18% de los insectos, el 16% de plantas y 8% de vertebrados para calentamiento global de 2°C (confianza media). Los impactos asociados con otros riesgos relacionados con la biodiversidad, como los incendios forestales y la propagación de especies invasoras, son menores a 1.5°C en comparación con los 2 ° C del calentamiento global (alta confianza). Se proyecta que aproximadamente el 4% (rango intercuartil 2–7%) del área terrestre global sufrirá una transformación de los ecosistemas de un tipo a otro a 1ºC del calentamiento global, en comparación con el 13% (rango intercuartil 8-20%) a 2°C (confianza media). Esto indica que se proyecta que el área en riesgo sea aproximadamente un 50% menor a 1.5°C en comparación con 2°C (confianza media). La tundra de alta latitud y los bosques boreales están particularmente en riesgo de degradación y pérdida inducidas por el cambio climático, ya que los arbustos leñosos ya están invadiendo la tundra (alta confianza) y continuarán con el calentamiento adicional. Se proyecta que la limitación del calentamiento global a 1.5°C en lugar de 2°C evitará la descongelación durante siglos de un área de permafrost en el rango de 1.5 a 2.5 millones de km^2 (confianza media).
Sistemas oceánicos	Se proyecta que la limitación del calentamiento global a 1.5°C en comparación con los 2ºC reducirá los aumentos en la temperatura del océano, así como los aumentos asociados en la acidez del océano y las disminuciones en los niveles de oxígeno del océano (alta confianza). En consecuencia, se proyecta que la limitación del calentamiento global a 1.5°C reduzca los riesgos para la biodiversidad marina, las pesquerías y los ecosistemas, y sus funciones y servicios para los seres humanos, como lo demuestran los cambios recientes en los ecosistemas de arrecifes de coral del hielo marino del Ártico y de agua caliente. El nivel de acidificación del océano debido al aumento de las concentraciones de CO_2 asociadas con el calentamiento global de 1.5°C se proyecta para amplificar los efectos adversos del calentamiento, y aún más a 2°C, […] afectando el crecimiento, desarrollo, calcificación, supervivencia y, por lo tanto, abundancia de una amplia gama de especies, por ejemplo, desde algas hasta peces (confianza alta).
Océano Ártico	Existe una gran confianza en que la probabilidad de un Océano Ártico libre de hielo marino durante el verano es sustancialmente menor con un calentamiento global de 1.5°C en comparación con 2°C. Con 1,5°C de calentamiento global, se proyecta un verano ártico libre de hielo marino por siglo.
Recursos pesqueros	También se espera que impulse la pérdida de recursos costeros y reduzca la productividad de la pesca y la acuicultura (especialmente en latitudes bajas). […] se proyecta que los arrecifes de coral disminuyan en un 70–90% adicional a 1.5°C (alta confianza) con mayores pérdidas (> 99%) a 2ºC (muy alta confianza). Los impactos del cambio climático en el océano aumentan los riesgos para la pesca y la acuicultura a través de los impactos en la fisiología, la supervivencia, el hábitat, la reproducción, la incidencia de enfermedades y el riesgo de especies invasoras (confianza media), pero se proyecta que sean menores a 1.5ºC del calentamiento global que a 2ºC.
Días de calor extremo	En latitudes medias se calientan hasta aproximadamente 3°C con un calentamiento global de 1.5°C y se calientan hasta aproximadamente 4°C a 2°C
Noches frías	En latitudes medias se calientan hasta aproximadamente 4.5°C a 1.5°C y se calientan hasta aproximadamente 6°C a 2°C

Salud	Se proyecta que cualquier aumento en el calentamiento global afecte la salud humana, con consecuencias principalmente negativas (alta confianza). Los riesgos más bajos se proyectan a 1.5°C que a 2°C para la morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor (confianza muy alta) y para la mortalidad relacionada con el ozono si las emisiones necesarias para la formación de ozono siguen siendo altas (confianza alta). Las islas de calor urbanas a menudo amplifican los impactos de las olas de calor en las ciudades (alta confianza). Se proyecta que los riesgos de algunas enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria y la fiebre del dengue, aumenten con el calentamiento de 1.5°C a 2°C, incluidos los cambios potenciales en su rango geográfico (alta confianza).
Seguridad alimentaria	Las reducciones en la disponibilidad de alimentos proyectada son mayores a 2ºC que a 1.5°C del calentamiento global en el Sahel, el sur de África, el Mediterráneo, Europa central y el Amazonas (confianza media). Se proyecta que la limitación del calentamiento a 1.5°C, en comparación con 2ºC, dará como resultado reducciones netas menores en los rendimientos de maíz, arroz, trigo y potencialmente otros cultivos de cereales, particularmente en África subsahariana, el sudeste de Asia y América Central y del Sur; y en el CO_2 dependiente, la calidad nutricional del arroz y el trigo (alta confianza). Se proyecta que el ganado se verá afectado adversamente con el aumento de las temperaturas, dependiendo de la magnitud de los cambios en la calidad del alimento, la propagación de enfermedades y la disponibilidad de recursos hídricos (alta confianza).
Impactos socioeconómicos	Las poblaciones con un riesgo desproporcionadamente mayor de consecuencias adversas del calentamiento global de 1.5°C y más incluyen las poblaciones desfavorecidas y vulnerables, algunos pueblos indígenas y comunidades locales que dependen de los medios de vida agrícolas o costeros (alta confianza). Se proyecta que los riesgos para la salud, los medios de vida, la seguridad alimentaria, el suministro de agua, la seguridad humana y el crecimiento económico relacionados con el clima aumenten con el calentamiento global de 1.5°C y aumentarán aún más con 2°C. Las regiones en riesgo desproporcionadamente más alto incluyen los ecosistemas árticos, las regiones de tierras secas, los pequeños estados insulares en desarrollo y los países menos desarrollados (alta confianza). Dependiendo de las condiciones socioeconómicas futuras, limitar el calentamiento global a 1.5°C, en comparación con 2°C, puede reducir la proporción de la población mundial expuesta a un aumento del estrés hídrico inducido por el cambio climático hasta en un 50%, aunque existe una variabilidad considerable entre regiones (confianza media). Muchos pequeños estados insulares en desarrollo experimentarán un menor estrés hídrico como […] resultado de los cambios proyectados en la aridez. Se espera que la pobreza y las desventajas aumenten en algunas poblaciones a medida que aumenta el calentamiento global. Se proyecta que los riesgos para el crecimiento económico global agregado debido a los impactos del cambio climático serán menores a 1.5°C que a 2°C para fines de este siglo (confianza media). Para el calentamiento global de 1.5°C a 2°C, los riesgos en los sectores de energía, alimentos y agua podrían superponerse espacial y temporalmente, creando nuevos y exacerbando los riesgos actuales, las exposiciones y las vulnerabilidades que podrían afectar a un número creciente de personas y regiones (confianza media). Se proyecta que algunas regiones vulnerables, incluidas las islas pequeñas y los países menos desarrollados, experimentarán altos riesgos climáticos interrelacionados múltiples, incluso con un calentamiento global de 1.5°C (alta confianza).

Fuente: Retomado de Rueda 2019, pp.291-294

La narrativa del catastrofismo climático se ha apoderado del espacio público mundial, siendo necesario reconocer que el llamado de atención realizado por el IPCC ha sido uno de los discursos más poderosos que éste haya realizado hasta ahora. De hecho, cabe recordar que con los anteriores reportes de evaluación lo único que se lograba era la ratificación del hecho de que el cambio climático era real y que éste ha sido provocado por el hombre. En contraste, la aparición del mencionado reporte especial provocó una reacción inmediata en el proceso de negociaciones de la Conferencia de las Partes 24 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, así como la aparición de por lo menos dos movimientos sociales de escala global: *Extinction Rebellion* y *Friday´s For Future*.

Desde la ONU, Antonio Guterres ha señalado que el cambio climático es "la amenaza sistémica global más importante en relación con la economía global" y por ello, debe considerarse como el "riesgo sistémico más importante para el futuro cercano" (Guterres, 2019, s/p). Incluso, en la misma lógica del IPCC, Guterres ha dicho que "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 (Guterres, 2019, s/p).

2. Áreas de gobernanza climática multinivel en la Ley General de Cambio Climático

El ideal de la gobernanza es la consolidación de la participación ciudadana y de diversos actores interesados en la creación de la política pública. Se trata de un mecanismo que corrobora, en el contexto de la globalización neoliberal, que el gobierno ha dejado de ser el único actor que crea el sentido político de las actividades que deben impulsarse en el Estado. La gobernanza, en términos generales, hace referencia a nuevos métodos a través de los cuales la sociedad es gobernada, como paradigma, se asocia a la idea de redes, *networks,* a modo de estructuras de gobierno, en las que interactúa una gran pluralidad de agentes tanto públicos como privados.

Ahora bien, no se trata solamente de un esquema de gobernanza amplia, o en términos muy abiertos o abstractos, se trata en el específico de la gobernanza para el cambio climático, que incluso debiera considerarse como la política que permita implementar las acciones que el IPCC ha señalado para lograr que la elevación de la temperatura pueda ser controlada entre 1.5°C y 2°C.

De acuerdo con Córdova y Romo

> La gobernanza climática se refiere a la colaboración y coordinación entre gobierno y actores sociales (social, privado, académico) para definir e implementar mecanismos y medidas orientadas hacia la prevención, mitigación y adaptación a los riesgos planteados por el cambio climático. (2015, p.132)

Por tanto, el problema de fondo es realmente cómo se puede ejercer la participación ciudadana, tanto en términos generales como en el contexto de cambio climático. Desde el ámbito académico, por ejemplo, se ha propuesto fomentar mecanismos asociados a la democracia directa como la formulación de iniciativas de ley, el referéndum, el plebiscito y las consultas ciudadanas. De acuerdo con Villarreal (2010), la cooperación de los ciudadanos en la prestación de servicios o en la elaboración de políticas públicas, también son formas de participación ciudadana.

En cuanto al cambio climático en México, se tiene que los mecanismos de participación social mencionados por Villarreal se encuentran considerados en la LGCC, siendo que los ciudadanos pueden participar de la consulta pública sobre el contenido de la política climática nacional —en sus tres niveles de gobierno— (Villarreal, 2010). Además, también existen mecanismos de colaboración directa de los ciudadanos en el diseño y evaluación de la política climática. En lo que se refiere al diseño, la LGCC contempla la participación de los ciudadanos a través del Consejo de Cambio Climático, en el que los ciudadanos que participan en él colaboran con el gobierno federal, dando recomendaciones y comentarios a la creación del Programa Especial de Cambio Climático, incluso pudiendo solicitar la realización de estudios complementarios que ayuden al gobierno a entender la situación del país ante este problema. Otra forma en que los ciudadanos colaboran con el gobierno es a través del Comité de Evaluación, encargado de evaluar los programas de gobiernos, su implementación y la obtención de resultados.

Ahora bien, el escenario ideal de la participación social comienza con el conocimiento sobre la actualidad de los estudios de cambio climático, así como de sus impactos probables adversos tanto en el ámbito global como nacional. Dicho de otra forma, se necesita que no sólo los funcionarios de los tres niveles de gobierno conozcan de la problemática en toda su dimensión, sino de que todos los ciudadanos estén también bien enterados. El reto puede plantearse en los siguientes términos: si la gente no entiende o no sabe del tema, entonces su participación en la política climática será ineficiente, pues su carencia informativa o el manejo de información incorrecta limitará la participación ciudadana, no sólo en cantidad sino en calidad.

La tarea de promover el conocimiento climático está en manos de los tres niveles de gobierno promover programas en todos los niveles educativos en el ámbito de sus competencia (DOF, 2012, Artículos 7, 8 y 9). Por su lado, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) tiene la responsabilidad de “proponer al Sistema Educativo Nacional, el contenido educativo de libros, libros de texto y materiales didácticos sobre cambio climático de conformidad con la Ley General de Educación” (LGCC, 2012, Art. 7, 8 y 9). Hasta el momento, los avances logrados en esta materia es que han sido incorporados criterios de sustentabilidad al Sistema Educativo Nacional.

> En el nivel básico los temas relacionados con el ambiente se abordan principalmente, en las asignaturas de ciencias naturales, geografía, formación cívica y ética, y la asignatura estatal; en las cuales se complementa y enriquece el estudio de los temas de relevancia social, y se contribuye a la formación integral de los estudiantes de primaria y secundaria, ejemplo de estos temas es el cambio climático, el cual se abordó desde sus causas y consecuencias con énfasis en que es generado por actividades humanas (López y Moreno, 2017, p.300).

En lo que respecta a la educación superior, López y Moreno (2017, p.306) señalan lo siguiente:

> Al seleccionar las Licenciaturas Universitarias en modalidad de estudios Escolarizada referentes a temas ambientales, se identificó la siguiente información. 163 instituciones de educación superior ofrecen licenciaturas e ingenierías relacionadas con medio ambiente. Se ofertan en total 203 programas que ofrecen 39 carreras diferentes de las cuales, durante el ciclo 2016 las cursaron un total 29,402 alumnos de los cuales 14,747 hombres y 14,655 mujeres. (…) A pesar de que las carreras han aumentado en su número y cada vez son más los alumnos que optan por estas licenciaturas, no se llega al 1% del total de los alumnos registrados en el padrón reportado por la ANUIES. Ahora, dentro de este porcentaje, las que ofertan la materia de cambio climático son mínimas, esto quiere decir que **el avance ha sido micrométrico** dentro del currículo disponible en todo el país (López y Moreno, 2017, p.306, las negritas son propias).

En resumen, es posible afirmar que en la educación nacional se privilegia el tema ambiental donde al cambio climático se le considera como un tema más, tanto en la educación básica como en la educación superior. En el ámbito universitario, un problema adicional es el enfoque que se le ha dado, sobre todo considerando la multifactorialidad del cambio climático. En otras palabras, éste no puede ser solo un tema que deba estudiarse solamente en las áreas científicas, las ciencias ambientales y las ingenierías. Por ello, para lograr los cambios que se demandan con celeridad a escala planetaria se deben corregir los errores cometidos a la fecha para poder generar una participación social responsable e informada, como señala la LGCC.

3. La educación transformadora

Desde la Declaración de Estocolmo, el tema educativo ha estado entrelazado con el tema ambiental y ha permeado en todo el sistema del derecho público internacional relacionado con el medio ambiente. Difícilmente existe un tratado internacional o convenio multilateral en materia ambiental en el que el tema educativo no esté presente. La idea central es que es necesario un cambio en los comportamientos y los consumos culturales de los habitantes de la Tierra. Es a partir de la preocupación por el cuidado de la casa común que comparte toda la humanidad que se busca que la pretensión del saber se reoriente y sirva para proteger, conservar y, en su caso, restaurar el daño ecológico y ambiental provocado al planeta. En ese sentido, y de acuerdo con la UNESCO, la educación ambiental es:

> Un proceso que ayuda a desarrollar las habilidades y actitudes necesarias para comprender las relaciones entre los seres humanos, sus culturas y el mundo biofísico. Todo programa de educación ambiental deberá incluir la adquisición de conocimientos y la comprensión y desarrollo de habilidades. Ellos deberían también estimular la curiosidad, fomentar la toma de conciencia y orientar hacia un interés informado que eventualmente será expresado en términos de una acción positiva (UNESCO-PNUMA, 1997, p.4).

De acuerdo con el mismo organismo multilateral, la educación ambiental debe fomentar al menos tres cosas:

1. Investigar los componentes que conforman el mundo biofísico y a considerar algunas de las formas en las cuales ellos son cambiados por la actividad humana.
2. Suministrar ayuda que permitirá involucrar activamente a los participantes en la exploración de su medio ambiente; aquí nosotros nos concentramos en actividades que en lo principal tienden a explorar los componentes geográficos y ecológicos más que los factores culturales o sociales, aunque sean también importantes.
3. Estimular la acción positiva que podría ayudar a resolver algunos de los problemas originados por las actividades (UNESCO-PNUMA, 1997, p.4).

Desde la lógica de la educación ambiental, algunos de los temas que pueden estudiarse son: el aprovechamiento de los recursos naturales, el ordenamiento ecológico, la preservación y restauración del equilibrio ecológico y en la protección al ambiente; la regulación de las áreas naturales protegidas; la conservación de la biodiversidad y el ambiente; el ordenamiento ecológico del territorio; la prevención y control de contingencias ambientales; la contaminación de las aguas, el inventario de los recursos hídricos y la descarga de aguas residuales; los residuos sólidos; la contaminación del aire; emisiones a la atmósfera; así como la recolección, acopio, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y transporte de residuos sólidos no peligrosos, energías renovables, entre otros. Lo cierto, sin embargo, la visión de la educación ambiental no es suficiente y tendría que modificarse hacia la sustentabilidad porque implica el reconocimiento a:

> Una lucha por la diversidad en todas sus dimensiones, lo que significa que, en el mismo grado de preocupación por proteger la diversidad biológica, la educación ambiental para la sustentabilidad debe procurar intencionadamente la protección de la pluralidad política e ideológica en las sociedades modernas, y abrirle cauces para que se exprese, no sólo en las tribunas públicas donde se realiza el debate social, sino en los espacios de participación cívica (CECADESU, 2006, p.32).

La educación ambiental que apele a la sustentabilidad debe generar actitudes y aptitudes que ponderen la dimensión ecológica, que exploren los planos económico y político-social, como sería el concepto básico del desarrollo sustentable, buscando la incorporación de todos los actores sociales a los procesos de desarrollo y así construir ciudadanos ambientalmente responsables de sus relaciones con el entorno natural que les rodea. En otras palabras, se trata de un proceso formativo dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente con el propósito de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y ambiental. Comprende, pues, la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencia y conductas orientadas a garantizar la preservación de la vida en todas sus manifestaciones.

A su vez, esta perspectiva de la sustentabilidad en el ámbito educativo tiene que impulsar las acciones de educación, formación, capacitación, difusión y cultura ambiental para *la sustentabilidad en condiciones de cambio climático*. Desde esta lógica, se puede hablar de una propuesta que fomente una cultura ambiental responsable que incorpore los principios del desarrollo sustentable pero llevándolos hacia la sustentabilidad en condiciones de cambio climático. Considerando que cambio climático es un problema estructural que no se trata en sentido estricto de un tema de origen ambiental o ecológico, sino que está vinculado al tipo y modo de crecimiento económico que tienen las sociedades del planeta, es necesario y pertinente cuestionar si el enfoque y contenidos que se implementan en el sistema educativo mexicano con respecto al cambio climático son suficientes.

En palabras de Tamayo (2017, p.52), “si la humanidad pretende contar con un futuro, requiere curarse de la locura ecocida, esa egosintónica, thanática e ignorante que tan nefasto efecto produce a todos los ecosistemas del planeta” (Tamayo, 2017, p.52). Se necesita, pues, pensar en la educación como una práctica de la libertad (Freire, 1982) que rompa los patrones de la colonización del conocimiento en el que las sociedades eurocentristas han llevado no sólo a la educación misma, sino la pseudoconcreción de los temas que forman el currículo en las entidades académicas y en el que se encuentran “conocimientos y posturas ubicados dentro del significante cultura occidental […] en lugares no centrales del mundo occidental” (de Alba; 2018, p.217).

Entre las características que debe tener la educación transformadora se encuentran:

> *Multifacética*, pues aunque se hace énfasis en los riesgos de origen climático […] está también incluye todos los peligros que pueden afectar una comunidad o territorio, determinados por la experiencia y los estudios de riesgos. […]
>
> *Abarcadora*, porque no está centrada en la preparación para el enfrentamiento y la respuesta sino que capacita e instruye para todo el ciclo de reducción de riesgo de desastre.
>
> *Diferenciada*, porque aunque cada ciudadano recibe una preparación general, se hace énfasis en aquellos peligros que acechan a la comunidad o entidad donde labora o estudia, y en general al territorio donde hace vida; además se tiene en cuenta el papel que desempeña en el sistema, ya sea como autoridad, especialista, funcionario u otra categoría.

> *Generalizada*, ya que se realiza en todo el territorio nacional, sin excluir a ninguna entidad económica, comunidad u organización política, de masas o social; llegando así por diversas vías a cada ciudadano.
>
> *Especializada*, porque los estudiantes la reciben según su nivel; los de la enseñanza técnica y superior lo hacen en sus carreras como preparación especial para accionar cuando se incorporen al trabajo, luego durante la vida laboral continúan preparándose acorde con la rama en que se desempeñan.
>
> *Escalonada*, ya que comienza desde los primeros niveles de la vida escolar, continuando en el resto de los niveles de enseñanza y durante su vida laboral; además, en su área de residencia. Siempre incrementando progresivamente las exigencias de la preparación acorde con el nivel de enseñanza o con la responsabilidad que ocupe después de concluir sus estudios (Roque, Criollo, Recino, Gafas y Barahona; 2016, p.20-21)

Para De Sousa, se requiere "un relacionamiento más igualitario, más justo, que nos haga aprender el mundo de modo edificante, emancipador y multicultural" (De Sousa; 2019, p.52). Es por esto que la sola cultura ambiental no es suficiente para combatir el problema climático, sino que se tiene que crear una conducta sustentable, entendida como

> El conjunto de acciones encaminadas a la protección de los recursos naturales y socioculturales del planeta [con una perspectiva que busque la intergeneracionalidad entendida como] el intercambio y correspondencia entre personas de diferentes grupos etarios o de edad que están unidos mediante un vínculo familiar o social (Poblete & López, 2019, p.1).

Es decir, se debe pensar en el cambio climático no solo como un tema actual, sino como un problema que atenta contra el futuro del planeta y la humanidad. Es una panorámica del futuro que puede controlarse y en el que la educación y los criterios pedagógicos pueden ayudar a gestar no sólo los mecanismos de adaptación social, sino las opciones de respuesta que eviten que los impactos adversos probables (que tienen el potencial de convertirse en desastres) se reduzcan, donde hay que analizar no sólo los contenidos del currículo académico, sino las estrategias pedagógicas para que los participantes identifiquen el problema en escala locales (Ver Tabla 2) y globales (Ver Tabla 1) con una dimensión temporal de futuro.

Tabla 2 Impactos previsibles del cambio climático en México

Condiciones climáticas y recursos hídricos	• Modificación de los regímenes de precipitación. • Mayor frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes y ciclones tropicales, inundaciones, sequías, oscilación del Sur El Niño-La Niña, etc.). • Incremento de escurrimientos superficiales y deslizamientos en algunas regiones. • Mayor azolvamiento en presas y embalses. • Intrusión de agua salada en acuíferos costeros por la elevación del nivel del mar. • Reducción drástica en la disponibilidad de agua por habitante en algunas regiones (CDMX, Estado de México, Guanajuato, Jalisco).
Ecosistemas, biodiversidad y sus servicios ambientales	• Modificación de regiones ecológicas, migración de ecosistemas a mayores latitudes y altitudes. • Transformación de hábitats a tasas que excederán sus capacidades naturales de adaptación. • Extinción probable de bosques de coníferas y praderas de alta montaña y cambios importantes en al menos el 50% de los demás tipos de ecosistemas. • Reducción drástica de zonas de distribución de otros bosques de coníferas y encinos, así como bosques mesófilos de montaña. • Mayor incidencia de incendios forestales. • Pérdida de humedales que constituyen hábitats para especies migratorias. • Disminución en la abundancia de poblaciones de flora y fauna silvestres. • Incremento de la tasa de extinción, particularmente especies de distribución restringida. • Invasión de especies exóticas, que modificarán estructuras tróficas y eliminarán especies nativas. • Disminución de las capacidades de renovación de servicios ambientales de los ecosistemas. • Reducción de la producción de madera, celulosa y papel derivados de bosques de coníferas.
Zonas costeras	• Modificaciones en la distribución de las especies marinas de interés comercial y de la disponibilidad de recursos pesqueros, por cambios de temperatura y en las corrientes oceánicas. • Afectación de arrecifes coralinos, manglares, humedales, playas y zonas bajas, por elevación del nivel del mar. • Erosión de playas por mareas altas, tormentas y huracanes. • Riesgo de afectación a infraestructura costera; reducción del valor de inmuebles e infraestructura urbana. • Costos incrementales de las pólizas de aseguradoras. • Afectación a la piscicultura en zonas costeras y humedales. • Disminución de ingresos del sector turismo en las zonas costeras afectadas.

Agricultura y ganadería	• Disminución neta de la superficie apta para cultivar maíz de temporal y posible erosión de la agro-biodiversidad del maíz. • Reducción de los rendimientos de cultivos de maíz en algunas regiones. • Reducción de la superficie apta para la ganadería extensiva en el centro y norte del país debido a mayor aridez, sequías más agudas y degradación de tierras. • Riesgo incremental de siniestros causados por eventos hidrometeorológicos extremos en zonas productivas (sequías, inundaciones, huracanes). • Expansión de plagas por el cambio de condiciones ambientales. • Deterioro de los niveles de bienestar de la población rural.
Asentamientos humanos	• Riesgos incrementales de daños a infraestructuras urbanas, a las personas y a sus bienes. • Magnificación de las islas de calor en las ciudades (por carpeta asfáltica e inmuebles). • Riesgos incrementales de inundaciones y de sobrecarga en redes de alcantarillado. • Riesgos incrementales de inundaciones en zonas costeras y ribereñas. • Riesgos incrementales de deslaves y deslizamientos de tierra en zonas de pendientes. • Mayor contaminación atmosférica en cuencas urbanas. • Costos incrementales de las pólizas de aseguradoras. • Mayores requerimientos de energía para el control de temperaturas.
Energía	• Reducción de la capacidad de generación hidroeléctrica, debido a alteraciones en las precipitaciones y a mayor azolvamiento de presas y embalses. • Ampliación de la demanda de energía eléctrica en horas pico debido al incremento en el uso de sistemas de climatización. • Incremento en los costos de producción petrolera y de generación de energía eléctrica por la valorización económica de las emisiones de GEI a la atmósfera. • Riesgos incrementales de afectación a infraestructuras petroleras y petroquímicas por eventos hidrometeorológicos extremos, sobre todo en las costas del Golfo de México. • Deterioro de torres y cables de transmisión eléctrica por eventos hidrometeorológicos extremos. • Incremento de precios al consumidor.
Transporte y comunicaciones	• Daños a infraestructura (caminos, puentes, puertos, aeropuertos, ferrocarriles, torres y cableado de comunicación, etc.) por inundaciones y vientos asociados a eventos meteorológicos extremos. • Perturbación del transporte (especialmente aéreo y marítimo) por eventos meteorológicos extremos y por mayor incidencia de neblinas y lluvias torrenciales.
Salud pública	• Incremento y redistribución de enfermedades transmitidas por vectores como los mosquitos (paludismo, dengue, etcétera). • Mayor incidencia de enfermedades infecciosas relacionadas con la calidad del agua (cólera, tifoidea, etcétera). • Incremento de la morbilidad y la mortalidad por ondas de calor y deshidratación.

Fuente: CICC, 2007, pp. 114-115

4. Cambio climático y Escuela Sustentable en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo

Del 24 al 28 de junio de 2019, se impartió el curso Cambio Climático y Escuela Sustentable, teniendo una duración total de 20 horas y siendo coordinado por Lucía Gabina Benítez Salgado, profesora del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) Plantel Vallejo y José Clemente Rueda Abad del Programa de Investigación en Cambio Climático. Este curso fue ofertado a los profesores del mencionado Colegio dentro de las opciones de actualización docente fomentadas por la Secretaría Académica del CCH Vallejo, lo cual no significó que profesores de otros planteles de este sistema educativo de la Universidad Nacional Autónoma de México tuvieran impedido inscribirse. Inicialmente, el grupo fue abierto para 25 participantes. De los profesores inscritos, 35 fueron del plantel Vallejo, 1 del Oriente, 3 más de Naucalpan y 4 de Azcapotzalco. En lo que corresponde a cuestiones de género: 18 fueron mujeres y 25 hombres.

Es importante destacar que esta edición del curso fue la número seis, teniendo el objetivo de actualizar y dar a conocer a los profesores el estado más reciente del problema climático, sobre todo a partir de la ratificación del Acuerdo de París y la publicación del Reporte Especial de Elevación de la temperatura del IPCC. En última instancia, el curso buscaba generar conciencia sobre el cambio climático entre los profesores del CCH y que visualizarán la importancia de educar a las nuevas generaciones en éste tipo de temáticas.

Las 20 horas totales del curso fueron distribuidas en 5 sesiones de 4 horas de duración cada una. El contenido fue el siguiente:

Sesión 1. Presentación del curso y sus objetivos, planteamiento de carácter general del problema y diagnóstico situacional de los participantes respecto del problema. Receso. Exhibición del Capítulo 1 de la serie *Our Planet*. Discusión grupal del documental.

Sesión 2. Presentación sobre los quehaceres del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM. Presentación y discusión del contenido del Acuerdo de París. Receso. Exhibición del Capítulo 2 de la serie *Our Planet*. Discusión grupal del documental.

Sesión 3. Exhibición del documental *Nahui Ollin*, que documenta 8 casos puntuales de impactos del cambio climático en México. Revisión de los escenarios de clima e impactos del Quinto Reporte de Evaluación del IPCC, revisión del discurso de la descarbonización económica contenido en el Acuerdo de París, revisión de dimensiones de carácter geopolítico y retos a la seguridad humanad derivados del cambio climático global.

Sesión 4. Exhibición del documental *Before the flood*. Discusión grupal sobre el documental. Revisión de los avances en la transición energética global y las implicaciones geopolíticas de estas. Análisis

comparativo de los impactos probables documentados en el Reporte Especial de elevación de la temperatura del IPCC. Análisis de la cuestión del Punto de no Retorno y el cambio de significante en el significado de cambio climático global.

Sesión 5. Exhibición del documental *Seis grados que podrían cambiar al mundo* de *National Geographic*. Discusión grupal sobre el documental. Desarrollo de taller con los participantes, donde tenían que responder las siguientes preguntas: ¿Qué es el cambio climático?, ¿Cuáles son sus impactos más evidentes?, ¿Qué sentimientos nos genera esta situación y ¿Cómo puedo transmitir esta información a mis hijos, familiares y/o estudiantes, sin que se alarmen?

Es importante señalar que en la Sesión 1 se hizo un diagnóstico de arranque en el que resultó que solo 5 profesores tenían nociones sobre el problema. La ventaja de estos participantes es que ya habían estado en otros cursos previos sobre cambio climático. Para el resto de los participantes, sus referentes en el tema habían sido obtenidos de medios de comunicación como Televisa y TV Azteca.

En buena medida el discurso de la urgencia climática es el que más tenían introyectado ya sea por los medios tradicionales, tanto como por el acceso a las redes sociales. Esta fase del diagnóstico fue utilizada para orientar los contenidos del curso, así como para enfocar el discurso de las presentaciones realizadas durante las sesiones. Además, se hizo con la intención de modificar y/o complementar los procesos cognitivos de manera focalizada en el desarrollo de las sesiones de trabajo para con ello generar nuevos referentes cognitivos en el participante. Los resultados de estas sesiones de trabajo en el CCH se muestran a continuación.

Lo primero que hay que destacar es que el día del cierre del curso, entregaron sus reactivos 34 de los 43 profesores inscritos en el curso, lo cual significa que el 79% de los profesores formaron parte de este ejercicio. De ellos, 3 fueron de Azcapotzalco; 3 de Naucalpan, 1 de Oriente y 27 de Vallejo; de estos, 18 fueron hombres y 16 mujeres. Para la interpretación de los resultados el número de 34 participantes es igual a 100%. (Ver Tabla 3)

Al finalizar el curso, el 88% de los participantes lograron entender y explicar el cambio climático como un problema vinculado al tipo de desarrollo y diferenciarlo del calentamiento global, identificando que se trata de una alteración del sistema climático. Prueba de lo anterior es que la mayoría logró identificar más de un impacto adverso del cambio climático, entre los que destacan: el descongelamiento de los casquetes polares y los glaciares permanentes (76%), sequías (65%), huracanes (56%), el aumento del nivel medio del mar (56%), pérdida de biodiversidad (56%), olas de calor y perdida de confort (18%), problemas a la salud humana (9%), inundaciones (32%), perdida de arrecifes (6%) migración humana (21%) y problemas de inseguridad alimentaria (38%). (Ver Tabla 3). Ante la información que conocieron los profesores, los sentimientos generados fueron:

tristeza (38%), impotencia (32%), preocupación (24%), responsabilidad por enseñar a otros (21%), enojo (12%), miedo y urgencia por hacer algo (9%, cada uno) decepción, desesperanza, incertidumbre e ira (6% cada uno), concientizar a otros, nostalgia y culpabilidad (3%, cada uno). (Ver tabla 3).

Tabla 3 Ejercicio de salida con profesores del Curso Cambio Climático y Escuela Sustentable, CCH Vallejo 24 al 28 de junio de 2019

No.	Adscripción	Impactos identificados													Emociones y/o sentimientos													Recursos pedagógicos												
		SI Pudo explicar CC	No Pudo explicar CC	Deshielo	Sequías	Huracanes	Aumento NMM	Biodiversidad	olas de calor	Salud	Inundaciones	Pérdida de arrecifes	Migración	inseguridad alimentaria	Urgencia	Preocupación	Tristeza	Responsabilidad	Decepción	Enojo	Impotencia	Desesperanza	Concientizar a otros	Incertidumbre	Miedo	Nostalgia	Ira	Culpabilidad	Retos o challenges	Pláticas	Usar método científico	Usar gráficos	Leer información especializada	Documentales	Mesas de discución	Trabajo en equipo	Investigación autodidacta	Realizar infografías	Recomendar cambios de hábitos	Hacer uso de laboratorios
P1	V	x			x	x	x	x						x		x													x											
P2	V	x		x			x		x		x			x			x	x											x										
P3	V	x		x	x		x	x	x	x	x			x		x			x	x	x									x									
P4	V		x	x		x												x			x										x								
P5	V	x		x	x			x	x					x			x				x	x										x	x		x	x			
P6	V	x					x																x								x								
P7	V	x		x		x	x									x																							
P8	N	x		x	x			x			x			x																x						x			
P9	N	x		x	x	x																								x									
P10	V	x		x	x			x									x				x										x	x	x	x	x				
P11	V	x		x			x							x																									
P12	V																																						
P13	V	x			x	x					x		x	x		x								x	x	x										x			
P14	V																																						
P15	V	x		x			x	x	x								x			x				x						x									
P16	A		x			x											x								x		x											x	
P17	A																																						
P18	V		x	x		x	x			x				x			x	x			x											x		x				x	x	
P19	V	x		x	x	x	x	x								x		x																					x	
P20	V																																						
P21	V	x		x	x		x	x			x																											x	
P22	V																																						
P23	V	x		x	x			x	x					x	x	x																							
P24	V																																						
P25	V	x		x		x	x	x					x				x			x	x																	x	
P26	V	x			x						x		x				x														x		x					x	
P27	V	x		x	x	x	x	x					x		x																							x	
P28	V	x			x	x		x		x	x						x	x																					
P29	V		x	x	x	x	x	x							x																									
P30	A	x		x	x		x	x				x				x			x		x									x						x			
P31	V																																						
P32	A	x						x																															
P33	V																																						
P34	N	x		x			x							x																								x	
P35	V	x		x	x	x		x	x		x		x	x							x							x										x	
P36	V	x		x	x	x	x										x	x																	x				
P37	V	x		x	x		x	x									x				x																	x	
P38	V	x		x		x					x									x	x					x			x			x	x	x				x	
P39	V	x		x	x	x											x				x											x						x	
P40	V	x		x	x	x	x						x	x																		x	x				x		
P41	V	x		x	x	x	x	x			x	x	x	x			x	x			x																x		
P42	V																																						
P43	O	x			x	x		x			x					x						x			x								x		x				x

Fuente: Elaboración propia

Adscripción:

A: Azcapotzalco

N: Naucalpan

O: Oriente

V: Vallejo

http://www.cch-V.unam.mx/cursos/impartidores/

De acuerdo a la misma tabla, sobre cómo los profesores podrían transmitir temas vinculados a cambio climático, ellos sugirieron usar retos o *challenges* (3%), pláticas informativas (6%), utilización del método científico (24%), valerse de gráficos para explicar (12%), dar a leer información especializada (18%), usar documentales (18%), organizar mesas de discusión (9%), organizar trabajo en equipos (15%), fomentar la investigación autodidacta (9%), que los alumnos realicen infografías para las materias que cursan (12%), que los profesores recomienden y argumenten cambios de hábitos (35%), hacer uso de laboratorios del plantel para reproducir eventos vinculados a la causa y consecuencia del cambio climático (3%).

Frente a estos datos, y tomando en cuenta que el modelo educativo del CCH está diseñado para formar estudiantes con sentido de responsabilidad social, con una visión integral de las problemáticas que le rodean y fomentar la investigación con criterios metodológicos sólidos (CCH, 2018), pensar que los profesores puedan colocar este tipo de temáticas en el desarrollo del semestre en las aulas puede ser algo más que asequible y podría ayudar a los estudiantes de dicho modelo educativo a tener una perspectiva de futuro diferente a la que se tiene en este momento.

En el inicio del 2020, como parte de un proyecto de investigación de tesis de licenciatura de biología aprobada por el comité de titulación de la Facultad de Ciencias de la UNAM (de la Cruz, 2020), se realizó una encuesta en 10 planteles de bachillerato de la Ciudad de México, entre los cuales estuvieron cuatro planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades. En este caso y solo para ejemplificar el tipo de información que ya manejan o por lo menos identifican los estudiantes de uno de los bachilleratos de la UNAM se muestran los resultados de los 120 cuestionarios aplicados en el Plantel Vallejo del CCH.

La aplicación de este cuestionario se basó en la idea de muestrear de manera libre las tres generaciones que en ese momento estaban activas en dicho plantel, para lo cual se aplicaron 40 cuestionarios a estudiantes de la generación 2020 (la de recién ingreso) 40 cuestionarios a estudiantes de la generación 2019 (que está en la parte media del bachillerato) 40 cuestionarios a estudiantes de la generación 2018 (la generación próxima a egresar)

Los resultados globales de la encuesta aplicada a los 120 estudiantes del plantel Vallejo señalan que el 58% de los encuestados dijeron no saber que es el cambio climático, cuando se les pregunto en que materia les habían mencionado o visto la temática 39% dijeron que no lo habían visto en ninguna materia, el 36% contesto que en la materia de biología, el 21% en la materia de química, 2% dijo que en la materia de física y el 2% restante que en la materia de Historia. (Ver Tabla 4)

A la pregunta ¿cuál de las siguientes definiciones consideras mejor para hacer referencia al cc antropogénico? El 5% respondió que es la disminución de la temperatura en el clima debido a cuestiones astronómicas, el 57% menciono que es el aumento de la temperatura media del clima debido a cuestiones antropocéntricas, y el 38% restante dijo que es la variación del clima en una determinada región producto de los procesos geológicos.

Cuando se les pregunto si ¿el cambio climático provoca el efecto invernadero o el efecto invernadero produce el cambio climático? el 30% de los encuestados respondieron que el cambio climático provoca el efecto invernadero, por su parte el 41% selecciona la respuesta: el efecto invernadero produce el cambio climático, el restante 29% dijo que los procesos no tienen que ver uno con el otro. (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Ejercicio con estudiantes del CCH Vallejo

Sabes ¿qué es el cambio climático?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
Si	25	10	16	51
No	15	30	24	69
¿En qué materia de tu bachillerato te mencionaron el cambio climático antropogénico				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
Biología	22	12	9	43
Química	5	3	17	25
Física		2		2
Historia	1	1		2
Ninguna	12	22	14	48
¿Cuál de las siguientes definiciones consideras mejor para hacer referencia al cc antropogénico?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
Es la disminución de la temperatura en el clima debido a cuestiones astronómicas	1		5	6
Es el aumento de la temperatura media del clima debido a cuestiones antropocéntricas	23	28	17	68
Es la variación del clima en una determinada región producto de los procesos geológicos	16	12	18	46
.¿El cambio climático provoca el efecto invernadero o el efecto invernadero produce el cambio climático?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) El cambio climático provoca el efecto invernadero	17	16	15	48
b) El efecto invernadero produce el cambio climático	20	24	22	66
c) Los procesos no tienen que ver uno con el otro	3	40	3	46
¿Cuáles son los principales gases de efecto invernadero (GEI)?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Dióxido de carbono (CO2) y Metano (CH4)	36	35	36	107
b) Vapor de agua (H2O) y Nitrógeno (N)	3	3	4	10

c) Dióxido de azufre (SO2) y Amoniaco (NH3)	1	2		3
¿Cuáles son las principales actividades humanas que producen los GEIs?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Generación de electricidad y de industria	12	11	8	31
b) Automóviles y producción de cemento para casas	1	8	8	17
c) Deforestación y quema de combustibles fósiles	27	21	24	72
¿Qué país emite más GEIs?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
México	2	5	8	15
Brasil				
USA	9	8	6	23
China	29	27	26	82
¿Cuáles son las consecuencias ambientales que enfrentamos a causa del cambio climático antropogénico?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Deshielos	3	6	5	14
b) Aumento en el nivel del mar	1	1	2	4
c) Eventos climáticos extremos	2	1	6	9
d) Efectos negativos en la agricultura		1	1	2
e) Todos los anteriores	34	31	26	91
¿Cómo afecta el cambio climático a la biodiversidad?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Aumenta el número de especies, ya que a mayor cantidad de CO2 mayor cantidad de especies	1	1	2	4
b) Disminuye la cantidad de especies. Debido a que las especies con poco resiliencia no se adaptan	39	39	37	115
c) No afecta en nada el cambio climático a las especies debido a que estas se adaptan con facilidad			1	1
10. ¿Algunas especies de plantas aumentan su productividad con el aumento de CO2?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) SI	9	7	9	25
b) No	5	3	12	20
c) No se sabe	2	1	4	7
d) No sé	24	29	15	68
¿Cómo afectará el cambio climático a los ecosistemas boscosos?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) No los afectará			1	1
b) Los bosques sufrirán incendios	39	37	36	112
c) La distribución del agua no cambiará	1	3	3	7
¿Por qué los bosques son importantes en la mitigación del cambio climático?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Porque regulan la temperatura del clima al ser sumideros de carbono	28	23	22	73
b) Porque filtran el agua, de esta forma se obtiene agua más limpia	3	12	10	25
c) Porque almacenan metano a través de la fotosíntesis	9	5	8	22

¿Cuáles son las consecuencias del derretimiento de glaciares en México, como el caso del Popocatépetl y el Iztaccíhuatl?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Se pierden reservorios de agua dulce y disminuye el albedo	15	11	7	33
b) Aumentan los reservorios de agua dulce y aumenta el albedo	4	7	7	18
c) Se pierden los reservorios de agua dulce y aumenta el albedo	13	16	13	42
d) Todas las anteriores	8	6	13	27
¿Cómo afectará el aumento en el nivel del mar a los ecosistemas costeros?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) No afectará	1	3	1	5
b) Los manglares aumentarán su rango de habitad debido a mayor cantidad	7	13	15	35
c) Los manglares se perderán un 30% y con ello especies que viven en ellos	32	24	24	80
En México ¿cuál es la institución responsable del tema de cambio climático?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) SEMARNAT	24	20	18	62
b) INIFAP	1		2	3
c) INECC	15	20	15	50
d) IPCC			5	5
¿Qué institución a nivel internacional es la encargada de tratar los temas científicos relacionados con el tema del cambio climático?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) SEMARNAT	2	4	9	15
b) INIFAP	4	4	2	10
c) INECC	18	9	14	41
d) IPCC	16	23	15	54
¿Qué acciones se están tomando en México para enfrentar el cambio climático?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) México firmó el Protocolo de Kioto en 1999, crea la Ley General	29	26	35	90
b) México no firma ningún acuerdo, ya que es un país en vías de desarrollo	5	3	1	9
c) México no hace nada para combatir el cambio climático	6	11	4	21
¿Qué acciones estás llevando acabo tú, para enfrentar CC?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Uso moderado de automóvil	14	7	10	31
b) Cambiar focos convencionales	16	16	20	52
c) Uso de paneles solares	4	4	4	12
d) Uso de bicicleta	9	7	9	25
e) Todas las anteriores	9	13	8	30
Aunque utilizáramos energía 100% limpia ahora, el mundo aún mantendría el calentamiento. En ese sentido, ¿es demasiado tarde para hacer algo?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Si	12	15	9	36
b) No	21	20	23	64
c) No sé	7	5	8	20

¿Qué tan importante es en tu vida cotidiana el fenómeno del cambio climático?				
	G 2018	G 2019	G 2020	Total
a) Nada importante	3	4	5	12
b) Poco importante	11	15	11	37
c) Mas o menos importante	25	21	23	69
d) Muy importante	1		1	2

Fuente: elaboración propia

En lo respecta a los gases de efecto invernadero, se les pregunto ¿cuáles son los principales gases de efecto invernadero? El 89% respondió que el dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), el 8% selección vapor de agua (H_2O) y nitrógeno (N) y el 3% restante señalo al dióxido de azufre (SO_2) y amoniaco (NH_3). Cuando se les pregunto sobre las fuentes de emisión se les pregunto ¿cuáles son las principales actividades humanas que producen los gases de efecto invernadero? A lo que el 26% respondió que la generación de electricidad y de industria, el 14% dijo que los automóviles y producción de cemento para casas, mientras que el 60% señalo a la deforestación y quema de combustibles fósiles; finalmente se les pregunto ¿qué país emite más gases de efecto invernadero? Las respuestas fueron 13% México, Brasil 0%, 19% menciono a los Estados Unidos y 68% dijo que China. (Ver Tabla 4)

En el segmento de los impactos se les pregunto ¿cuáles son las consecuencias ambientales que enfrentamos a causa del cambio climático antropogénico? Los encuestados respondieron: 12% deshielos, 3% aumento en el nivel del mar, 7% eventos climáticos extremos, 2% efectos negativos en la agricultura y la opción todos los anteriores tuvo el 76%. A la pregunta ¿cómo afecta el cambio climático a la biodiversidad? El 3% dijo que aumenta el número de especies, ya que a mayor cantidad de CO_2 mayor cantidad de especies, por su parte el 96% dijo que disminuye la cantidad de especies. Debido a que las especies con poco resiliencia no se adaptan, finalmente el 1% de los encuestados dijo que no afecta en nada el cambio climático a las especies debido a que estas se adaptan con facilidad. A la pregunta, ¿algunas especies de plantas aumentan su productividad con el aumento de CO_2? El 21% dijo que si, el 17% dijo que no, el 6% dijo que no se sabe, y el 56% respondió no sé. Luego se les pregunto: ¿cómo afectará el cambio climático a los ecosistemas boscosos? El 1% respondió que no los afectará, por su parte el 93% dijo que los bosques sufrirán incendios, y el 6% restante dijo que la distribución del agua no cambiará. A la pregunta ¿por qué los bosques son importantes en la mitigación del cambio climático? las respuestas fueron: 61% porque regulan la temperatura del clima al ser sumideros de carbono, el 21% porque filtran el agua, de esta forma se obtiene agua más limpia y el 18% restante seleccionó la opción porque almacenan metano a través de la fotosíntesis. Luego se les pregunto ¿cuáles son las consecuencias del derretimiento de glaciares en México, como el caso del Popocatépetl y el Iztaccíhuatl? El 27% dijo que se pierden reservorios de agua dulce y

disminuye el albedo, el 15% menciono que aumentan los reservorios de agua dulce y aumenta el albedo, el 35% señaló que se pierden los reservorios de agua dulce y aumenta el albedo, finalmente el 23% seleccionó todas las anteriores. La última pregunta de este segmento fue ¿cómo afectará el aumento en el nivel del mar a los ecosistemas costeros? A lo que el 4% respondió que no afectará, el 29% mencionó que los manglares aumentarán su rango de habitad debido a mayor cantidad y el 67% señaló que los manglares se perderán un 30% y con ello especies que viven en ellos. (Ver Tabla 4)

En otro segmento se les pregunto En México ¿cuál es la institución responsable del tema de cambio climático? y las respuestas fueron 52% opto por la SEMARNAT, el 2% señaló al INIFAP, el 42% dijo que el INECC y el restante 4% identificó al IPCC. Posteriormente se les pregunto ¿qué institución a nivel internacional es la encargada de tratar los temas científicos relacionados con el cambio climático? el 13% dijo que la SEMARNAT, el 8% señalo al INIFAP, el 34% seleccionó al INECC y el 45% dijo que el IPCC. El final de este bloque se formuló la pregunta ¿qué acciones se están tomando en México para enfrentar el cambio climático?, el 75% dijo que México firmó el Protocolo de Kioto en 1999, crea la Ley General, el 7% mencionó que México no firma ningún acuerdo, ya que es un país en vías de desarrollo, finalmente el 18% señaló que México no hace nada para combatir el cambio climático. (Ver Tabla 4)

El último segmento del cuestionario verso sobre cuestiones más de carácter personal, se les preguntó ¿qué acciones estás llevando acabo tú, para enfrentar cambio climático?, el 21% dijo que hacen un uso moderado de automóvil, el 34% que han cambiado los focos convencionales, el 8% dijo que usan paneles solares, el 17% dijo que hace uso de la bicicleta, finalmente el 20% dijo que todas las anteriores. Posteriormente se les dijo que aunque utilizáramos energía 100% limpia ahora, el mundo aún mantendría el calentamiento. En ese sentido, ¿es demasiado tarde para hacer algo? A lo que el 30% dijo que si es tarde, el 53% respondió que no es tarde y el 17% señaló no saber. La última pregunta del cuestionario es sobre la importancia que el tema climático tiene en sus vida cotidiana a lo que el 1% respondió que nada importante, un 10% que es poco importante, el 31% que es más o menos importante y el 58% que el cambio climático es algo muy importante. (Ver Tabla 4)

5. Discusión

Considerando como premisa que

> Los sellos de Homo sapiens (la inteligencia, el lenguaje, el empleo de utensilios, el aprendizaje social y el comportamiento cooperativo, que nos permitirían desarrollar la agricultura, vivir en ciudades y

> construir civilizaciones son consecuencia de [la] variabilidad climática extrema, producida a su vez por las circunstancias especiales del valle del Rifi. **Como todas las especies somos un producto de nuestro entorno. [La humanidad es] una especie de simios nacidos del cambio climático y de la tectónica de África Oriental.** (Dartnell; 2019:33-34) (Las negritas, son propias)

Usemos la idea de Dartnell para conducir la discusión sobre los temas de este capítulo. El reporte especial de la elevación de la temperatura logro hacer lo que ningún otro reporte publicado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático ya que hizo que las generaciones jóvenes del mundo se involucren en el tema climático. Las manifestaciones en las calles del mundo pidiendo que los gobiernos se involucren y muestren la voluntad política para considerar la crisis climática como un tema urgente en las agendas nacionales y que se tomen las acciones pertinentes para poder controlar la elevación de la temperatura en lo pactado en el Acuerdo de París, es decir en 2°C o preferentemente en 1.5°C.

Para poder implementar los cambios que demanda el Reporte Especial de la elevación de la temperatura del IPCC se requiere hacer modificaciones sustantivas en diversas áreas para que se pueda transitar en el menor tiempo posible a prácticas sociales que sean climáticamente responsables. Sin embargo, el mencionado reporte surge de una premisa sencilla los impactos del cambio climático serán peores con 2°C y en ese sentido es mejor mostrar una mayor ambición política para poder buscar los impactos en 1.5°C.

También es importante señalar, que los peores escenarios climáticos no son los que se muestran en el mencionado reporte especial, sino los que se encuentran en el Quinto Reporte de Evaluación que fue publicado en el periodo 2013-2014 y donde se reseña escenarios que van entre los 4°C y los 9°C para el año 2100. Dicho en otro estilo, los impactos asociados al 1.5°C y los 2°C no son precisamente los que llevaran a la Humanidad al final de sus días. Lo que sí es evidente es que los esfuerzos nacionales comprometidos a través de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas, que han sido entregadas a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y que pueden ser consultadas de manera libre y abierta en la plataforma de la Convención, no muestran que la temperatura vaya a ser controlada en los umbrales señalados en los límites señalados por el Acuerdo de París.

Desde la perspectiva de la habitabilidad terrestre y humana, la modificación de las condiciones del sistema climático harán que la estabilidad climática en la que humanidad ha vivido los últimos

miles de años cambien significativamente de manera paulatina y diferenciada geográficamente, sin embargo eso no significara el fin de nuestra especie ya que como se ha dicho previamente el homo sapiens tiene habilidades que le permitirán adaptarse a las condiciones de un clima cambiante, lo que es obvio es que eso implicara mayores factores de estrés e inseguridad personal y colectiva, pero para ello habrá que ir capacitando a las personas desde ahora y mantener dichas procesos formativos.

En el caso particular de nuestro país, se sabe que la participación social en el tema climático es un derecho consagrado desde el Artículo 4 de la Constitución. Además, del cuerpo de la LGCC se derivan diversos derechos y responsabilidades: el ciudadano tiene que ser un actor en la política climática, ser partícipe de la consulta pública sobre los programas e instrumentos de trabajo en los tres niveles de gobierno, pero también tiene el derecho de recibir información y educación climática que le permita tener una participación informada y responsable.

Estos mecanismos de participación ciudadana deben fomentar la diseminación de información sobre los impactos potenciales del cambio climático a escala nacional y en los estados, es decir no se le puede pedir a la gente que participe de la política climática solamente en el momento en que los gobiernos requieren que los ciudadanos avalen sus programas de cambio climático a través de consultas públicas. Por otro, se debe cuidar que la participación directa de los ciudadanos no se transforme en un mecanismo basado en la meritocracia académica ya que la conformación de los Consejos asesores hasta el momento se basa en la tesis de que se trata de grupos de expertos, sin embargo, si la población del país estuviera debidamente informada y capacitada estos consejos especializados serían más un conjunto de ciudadanos interesados en el tema que un grupo seleccionado por el gobierno en turno.

En lo que se refiere a la educación climática puede afirmarse que debe modificarse el enfoque con el que hasta la fecha se ha implementado la educación respecto a este tema. En la educación básica el tema se encuentra técnicamente ausente. En el ámbito de las licenciaturas, se sabe que la oferta del tema climático es minúscula. Existe la oferta de diplomados coordinados en instituciones de educación superior. El común denominador de estas propuestas y ofertas es que se centran en dar a conocer los elementos mínimos sobre el cambio climático, pero no se está capacitando a los estudiantes con conocimientos que les permitan sobrevivir en un mundo con un clima cambiante. Es decir, ante una sequía prolongada habría que enseñarles a sobrevivir, se tendría que capacitar a la gente para que sepa qué hacer ante una ola de calor, se les tendría que mostrar como instalar y dar mantenimiento de manera personal a paneles solares, entre otras muchas cosas.

Se debe pensar en una educación transformadora que se base en la pedagogía crítica; ya que los procesos formativos actuales solo permiten la reproducción social, porque es una forma de enseñar y hacer que en buena parte ha sido parte de la creación del problema climático. Bien visto, una modificación de las prácticas educativas en el contexto climático debe basarse en la idea de que si bien con los conocimientos proporcionados no servirán para modificar la habitabilidad terrestre si le permitirán adaptarse y sobrevivir en esas futuras condiciones climáticas y socioambientales.

Desde nuestro punto de vista, una forma de incidir en la apertura de nuevas opciones académicas es que estás mismas sean demandadas por los estudiantes. Para ello, se debe capacitar a los profesores que actualmente están al frente de grupos en los sistemas de bachillerato para que ellos fomenten estas inquietudes académicas en sus estudiantes, desde el bachillerato. El caso de los profesores del Colegio de Ciencias y Humanidades es un ejemplo de ello, se trata de profesores que se capacitan en los periodos intersemestrales; ya que con ellos cumplen con los requisitos de formación profesional que les solicita su contrato laboral. Sin embargo, más allá de que esto sea un requisito vale decir que en dicho Colegio el tema climático ha estado presente en los procesos de capacitación intersemestrales desde mayo de 2013.

El problema en los procesos formativos con los profesores es lograr que el conjunto de sentimientos que la información climática genera en ellos pueda ser traducido a estrategias de carácter pedagógico que puedan ser implementados en el salón de clase. El programa académico del CCH cuenta al momento con una asignatura llamada Huerto escolar que es un taller donde se enseña a los estudiantes sobre temas ambientales, sustentabilidad y aprenden a hacer composta, pero se trata de una materia optativa ubicada en los últimos dos semestres de la formación de dicha modalidad de bachillerato.

Es importante mencionar que en este bachillerato (CCH) han sido formados investigadores nacionales que se dedican actualmente al tema climático, por ejemplo: Gian Carlo Delgado Ramos egresados del plantel Sur (experto en metabolismo urbano y cambio climático, CEIICH-UNAM); Enrique Martínez Meyer estudio en el plantel Naucalpan (experto en modelación de nicho ecológico y cambio climático IB-UNAM); Laura Aguirre Ramírez fue estudiante en el plantel Azcapotzalco (experta en comunicación de riesgo y cambio climático, UACM) y Armando Sánchez Vargas que egresó del plantel Vallejo (experto en modelación económica y cambio climático, IIEc-UNAM).

Poner en la discusión el papel de los estudiantes, es de suma relevancia porque normalmente ellos no son consultados en la gestación de los procesos académicos. La idea básica es que no saben nada de un tema que no se encuentra presente en los programas académicos, en este caso en el programa del Colegio de Ciencias y Humanidades. La información recabada a través de la encuesta nos dice que aunque el 58% contesto no saber que es el cambio climático, el resto de las respuesta al mencionado cuestionario nos indica exactamente lo contrario, es decir que si saben lo que está pasando en el mundo y con el cambio climático.

Evidentemente, hoy existen herramientas que acercan la información a estas generaciones y no necesariamente se tienen que esperar a que el tema llegue a sus salones de clases. Lo que la mencionada encuesta nos revela es que las generaciones jóvenes están informadas; que identifiquen al Panel Intergubernamental de Cambio Climático como la entidad responsable a nivel internacional de la parte científica del problema y que a nivel nacional identifiquen a la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático como las autoridades responsables del tema; son muestra de ello.

Lo que habría que hacer con las generaciones jóvenes es terminar de capacitarlos y formarlos de manera adecuada; es decir apelar a ese 64% de estudiantes que respondieron que no es tarde para hacer algo, respecto al problema climático. Por ello se requiere que estas generaciones tengan el problema de manera cercana; es decir que no vean el asunto con un proceso de distanciamiento psicológico, sino que lo puedan ver en sus lugares de residencia, que sepan que los riesgos y las vulnerabilidades climáticas (tabla 2) existen y se saben los escenarios, que ellos mismos sepan que deben aprender cosas que no van a prender en los salones de clase.

En ese sentido algunas de las habilidades para el siglo XXI que requieren contemplarse en la educación que reciben hoy las personas son: perseverancia, resiliencia y determinación frente a los desafíos complejos; metacognición entendida como el «aprender a aprender», sobre todo en un mundo cambiante; colaboración, liderazgo, trabajo en equipo en proyectos interdisciplinarios con personas muy diferentes; pensamiento sistémico; enfoque del bien común y la preservación del medio ambiente, entre muchas otras (Waissbluth; 2018:58-59).

6. Conclusiones

Si el objetivo máximo de la gobernanza es la participación social, no sólo de los grupos de expertos, el cambio climático debe considerarse como un área en la que los ciudadanos deben ser correctamente capacitados, no solo para que entiendan y puedan ayudar a cambios los escenarios climáticos, sino para que además estén debidamente informados y eso les permita en principio poder ejercer su derecho a participar en las consultas públicas en la materia.

La educación climática, debe ser transformadora porque debe incorporar no solo elementos de ciencia básica, sino el cúmulo de opciones carácter multi e interdisciplinarios que pueden ayudar a generar no solo el conocimiento, sino la toma de conciencia sobre la gravedad y el tamaño del problema. Por lo mismo, no puede ser sólo parte de una materia o seguir siendo un tema más dentro de la educación ambiental, sino que podría ser el eje articulador de la gobernanza climática multinivel de la que habla la LGCC. Para ello se debe cambiar el enfoque que actualmente se implementa y se debe capacitar tanto a profesores como a los estudiantes en todo el Sistema Educativo Nacional.

El hecho de incursionar en el CCH es una apuesta por un modelo educativo diferente en el bachillerato de nuestro país, y que a la fecha ha dado buenos resultados para el área de cambio climático, aunque es preciso decir que los investigadores que se dedican a este problema no aprendieron cambio climático en sus años de bachillerato, pero lo que se hace es mostrar que este tipo de formación académica puede ser utilizada para incrementar la masa crítica y las áreas de investigación en un futuro cercano; sobre todo si se logra que los profesores que en este momento están frente a dichas aulas incorporen este tipo de temáticas en sus contenidos semestrales.

Es claro que, solo implementando estrategias de carácter educativo, el problema climático no se habrá de resolver. Sin embargo, se requiere que los ciudadanos de México y del mundo sean conscientes del futuro y sus retos. Por ello, educar y capacitar es una estrategia de adaptación que puede fomentar la participación social responsable e informada, que permitirá fomentar la gobernanza climática multinivel, como señala la LGCC.

El riesgo social de la modificación de la habitabilidad terrestre es una de las condiciones a las que las generaciones del riesgo global deberán adaptarse, no hay de otra. Y no hay de otra, porque no tenemos otro planeta al cual irnos. En ese sentido la habitabilidad terrestre condicionara el ser, estar y existir en el mundo, es decir modificara los procesos ontológicos de manera inevitable.

Es necesario señalar que los cambios de la habitabilidad no serán uniformes, ni mucho menos lineales, pero al momento se perciben como inevitables, lo más que se puede apostar es que los gobiernos nacionales, subnacionales y el sector privado emprendan las acciones de mitigación y adaptación social necesarias que permitan estabilizar la elevación de la temperatura en 2°C o menos porque los impactos serán menores con respecto a una elevación de 5°C o más, y en esa lógica sería más fácil habitar en un mundo que aumento y controlo la elevación de la temperatura en 1.5°C que en un planeta mucho más caliente.

Referencias

Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU). (2006). *Estrategia nacional de educación ambiental para la sustentabilidad.* México: CECADESU, SEMARNAT.

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) (2007) Estrategia Nacional de Cambio Climático, México, SEMARNAT

Córdova Bojórquez, G. & Romo Aguilar, M. (2015). Gobernanza climática: Actores sociales en la mitigación y adaptación en el estado de Coahuila, *Noesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 24 (diciembre), 129-146. Ciudad Juárez: Instituto de Ciencias Sociales y Administración. Recuperado abril, 2021 de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85939869010

Dartnell, L. (2019) Orígenes. Cómo la historia de la tierra determina la historia de la humanidad, Barcelona, España, Debate.

Diario Oficial de la Federación. (2012). *Ley General de Cambio Climático*. México. Recuperado abril, 2021 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf

De Alba Ceballos, A. (2018). Horizonte ontológico semiótico, ambiente y educación. En F. Reyes Escutia (Coord.), *Construir un Nosotros con la tierra. Voces latinoamericanas por la descolonización del pensamiento y la acción ambientales*, 213-235. México: UNICACH-Itaca.

De la Cruz, V. (2020) "Descripción de la información que tienen los alumnos de bachillerato sobre el cambio climático en la Ciudad de México, México" Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM (en proceso)

De Sousa Santos, B. (2019). *Educación para otro mundo posible*. Buenos Aires- Medellín: CLACSO-CEDALC.

Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). (2018). *Modelo Educativo*. México. Recuperado abril, 2021 de https://www.cch.unam.mx/modelo

Freire, P. (1982), *La educación como práctica de la libertad* (29ª edición), México: Siglo XXI.

Guterres, A. (2019). *UN Secretary-General's Davos Speech*. Suiza: World Economic Forum. Recuperado abril, 2021 de https://www.weforum.org/agenda/2019/01/these-are-the-global-priorities-and-risks-for-the-future-according-to-antonio-guterres/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). *Resumen para responsables de políticas sobre el calentamiento global de 1,5 °C. Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, 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.* ONU: OMM-PNUMA. Recuperado abril, 2021 de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

López, L. & Moreno, A. (2017). Avances educativos en materia de cambio climático. En J. Rueda Abad, J. C. Gay García & B. 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. México, UNAM-PINCC. pp.293-313. Recuperado abril, 2021 de http://www.pincc.unam.mx/IMG/pdf_gobernanza/vol2.pdf

López Morales, L. (2016). *El cambio climático en México: construcción y reforzamiento de capacidades educativas en el nivel medio superior del estado de Chiapas, México*, Tesis de Licenciatura en Pedagogía. SEP/UPN-Ajusco, México.

Poblete Trujillo E. & López Vázquez E. (2019). La conducta sustentable: un enfoque intergeneracional. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, vol.20, núm.1 (enero-febrero). Recuperado abril, 2021 de DOI: http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v20n1.a4 85939869010

Roque Herrera, Y., Criollo Criollo, A., Recino Pineda, U., Gafas González, C. & Barahona Rivadeniera, D. (2016) La educación continuada en el proceso de reducción de desastres: experiencias cubanas, *Revista Política y Cultura*, núm. 45 (primavera), 11-30. México, UAM-X.

Rueda Abad, J.C. (2019), *De París a Katowice. Geopolítica climática y gobernanza multinivel de la descarbonización económica: el caso de la transición energética*, México, UNAM-PINCC

Secretaría de Educación de Chiapas. (2014), *Educación ambiental para la sustentabilidad en Chiapas. Primer grado de secundaria*, Chiapas:Secretaría de Educación del Gobierno de Chiapas, Educar con Responsabilidad Ambiental.

Secretaría de Educación de Chiapas. (2014a), *Educación ambiental para la sustentabilidad en Chiapas. Tercer grado de secundaria*, Chiapas:Secretaría de Educación del Gobierno de Chiapas, Educar con Responsabilidad Ambiental.

Tamayo, L. (2017), *La locura ecocida. Ecosofía psicoanalítica*, México: Fontamara

UNESCO-PNUMA**.** (1997). *Programa Internacional de Educación Ambiental Serie Educación Ambiental 21. ACTIVIDADES DE EDUCACION AMBIENTAL PARA LAS ESCUELAS PRIMARIAS Sugerencias para confeccionar y usar equipo de bajo costo*. Santiago, Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

Villarreal, M. (2010) *Participación ciudadana y políticas públicas*. México, Recuperado abril, 2021 de https://www.ceenl.mx/educacion/certamen_ensayo/decimo/MariaTeresaVillarrealMartinez.pdf

Waissbluth, M. (2018). *Educación para el siglo* XXI. *El desafío Latinoamericano*. Santiago de Chile: FCE.

Anexo

Registro de participantes en el Curso de Cambio climático y escuela sustentable

Alavez Pérez Ofelia
Anízar Hernández Francisco Javier
Barrera Mora Lucía
Carballo Perea Arturo
Castañeda Rosillo Sandra Janet
Castellanos Lara Oscar Iván
Castillo Jiménez José Luis
Chávez Carrizosa Pablo David
Chávez Mendoza Ramón
Checa Téllez Marisela
Cruz Cervantes César
de la Rosa Barajas Víctor Aarón
Delgado López Claudia
Domínguez Gavilán Ma. Magdalena
Fuentes Cid Jaime Arturo
García Rodríguez Pablo
García Sánchez Sandra Patricia
Garrido Villasana Hilda
González Pérez Héctor Manuel
González Siguenza Hugo
Hernández Viveros Laura
Islas Padilla Edgar Alan
Jiménez Valdés Miguel
Luna Díaz Arturo
Luna Fernández Alejandra
Martínez Landa Blanca Estela
Matamoros Mendiola Iván
Montiel Malanco Norma Gisela
Navarrete Lagunas Sergio
Patiño Zárate Rubén Antonio
Ramírez Ayala Ariadna Nitze
Ramírez Franco Alicia
Ramírez López Carlos Fernando
Reséndiz Muñoz Asela
Robles Pinto Francisco
Rojas Martínez Alfonso
Sánchez Balderas Claudia
Sandoval León Mario
Tapia Hayashi Iván
Téllez Hernández Alberto
Vega Rodríguez Anakaren
Vidal Ramírez Lilia
Villalba Chavero Miguel Ángel

SEMBLANZAS DE AUTORES

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), participando en la conformación de modelos numéricos innovadores en Latinoamérica, diseñados 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, 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. Ha sido colaborador del Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) desde el 2010. Es autor, coautor y revisor, de artículos científicos relacionados con la Exobiología (Astrobiología) y de diversos capítulos de libros científicos, entre los que destacan el Tomo 2 y 3, del Primer "Reporte Mexicano de Cambio Climático" y "¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y Visiones sobre el Reporte Especial del IPCC".

Carlos Gay García

Licenciado en Física por la UNAM y Doctor en Astrogeofísica por la Universidad de Colorado en Boulder

Fue coordinador del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM de 2010 a 2020, también coordina el Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México y el Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM. Es uno de los Coordinadores Generales del Reporte Mexicano de Cambio Climático. De agosto de 2010 a octubre de 2012 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.

Fue director del Centro de Ciencias de la Atmósfera.

Durante el periodo 1995-1999 fue Director de la Unidad de Cooperación y Acuerdos Internacionales del Instituto Nacional de Ecología. En dicho periodo se desempeñó como consejero científico del gobierno en materia de cambio climático y formo parte del grupo negociador mexicano en la Comisión Ambiental de Norteamérica.

Fue coordinador del proyecto "México: una visión hacia el siglo XXI. El Cambio climático en México" financiado por el U.S. Country Studies Program. Además, coordinó la Primera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de Cambio Climático de la ONU.

Ha publicado diversos libros y artículos arbitrados.

Lawrence Moisés Alexander López Ganem (1983)

Es Maestro en Filosofía de la Ciencia, especialista en Historia del Pensamiento Económico y licenciado en Estudios Latinoamericanos, habiendo obtenido cada grado en la UNAM. Entre sus líneas de interés académico están los estudios sociales sobre ciencia y tecnología, y la epistemología de las ciencias sociales. Actualmente se desempeña como académico en las áreas de Humanidades y Ciencias Sociales en la *Yeshivá Kéter Torá*, sede México. Es editor en jefe en *Teresa Magazine*. Ha publicado en *Este País, tendencias y opiniones*. Correo de contacto: alexanderganem@outlook.com

Roque Juan Carrasco Aquino

Ingeniero Civil, ESIA-IPN (1976-1982).

Maestría en Planificación Urbana-Regional (1982-1986). SEPI- ESIA. México, D.F.

D*octor en urbanismo por la U*niversidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España; marzo de 2001.

- Doctor Honoris Causa por el Consejo Iberoamericano de Calidad Educativa. Punta del Este Uruguay, junio del 2005.

- Doctor Honoris Causa por la Universidad de Manizales, Colombia en Desarrollo Sostenible. 22 de febrero de 2020.

Presidente Honorario de la Red Internacional de Investigadores sobre Problemas Sociourbanos Regionales y Ambientales (RIISPSURA)

Líneas de investigación:

1. Sociedad, espacio y transformaciones territoriales.
2. Planificación metropolitana y políticas neoliberales.
3. “Ordenación” y desordenación del territorio sin sustentabilidad.
4. Problemas socioambientales y crisis en la relación sociedad-naturaleza.
5. Territorio y capital ¿y las respuestas de los movimientos sociales?

Hena Andrés Calderón

Maestra en psicopedagogía por la Universidad Politecnica de Cataluña. Barcelona España

Candidata a Dra. En el programa de doctorado: Discapacidad, Educación y Habilitación. Universidad de Barcelona, España

Profesor, especialista en Psicologia educativa. Universidad Autónoma de Guerrero.

Profesora de Educación Primaria, Oaxaca de Juarez

Diplomados: Formación y actualización docente para un nuevo modelo educativos 2007. IPN

“Diplomado en formación de competencias tutoriales” 2010. IPN

Docente de tiempo completo, titular “A” en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Ticomán, IPN. Desde 2006, hasta la fecha.

Gil Santomé Kau

egresado de la carrera de Relaciones Internacionales por la UNAM. Con estudios en Ciencia Política y Administración Pública. M. en C. en Medio Ambiente y Desarrollo por el CIIEMAD-IPN, con investigaciones sobre las Geociencias y la Administración de los Recursos Naturales. Dr. En C. en Conservación del Patrimonio Paisajístico por el IPN. Interesado en temas de la interdisciplinariedad, se ha enfocado en los estudios de Ciencias Naturales y su conexión con las Ciencias Sociales y Humanidades.

Brenda Suárez Álvarez

bsuarez.alv@gmail.com

Licenciada en Pedagogía con formación en el Campo de Diseño y Evaluación curricular y Maestra en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad (CIIEMAD). Premio Amexcid-GIZ

la mejor tesis de maestría sobre la cooperación alemana. Generación 2018-2019 del Mentoring ESD leadership Programme (Entrenamiento en liderazgo para la educación para el desarrollo sustentable) ESD network. Es integrante de la Consultora Ecotapatío y asesora experta para la Red de Escuelas por la Educación y la Conciencia Ambiental (Reeduca).

Ha trabajado para organismos internacionales como la GIZ y PNUD, así como organizaciones d ela sociedad civil. Sus áreas de investigación son: educación ambiental y para la sustentabilidad, actitudes ambientales, sentido del lugar, género y medio ambiente, gobernanza, cambio climático. Actualmente trabaja como especialista en desarrollo de capacidades en el proyecto *Resiliencia* la implementado por PNUD y la CONANP.

Blanca Estela Gutiérrez Barba

bgutierrezb@ipn.mx

Doctora en Biología, doctora en Educación. SNI, beca de exclusividad y estímulo a la investigación Con 18 años de desempeño en cargos administrativos, consultora GIZ, docente en: educación ambiental, organizaciones sustentables e innovación educativa. Ha escrito 12 libros, 17 capítulos, 17 artículos, supervisora de 35 tesis. Reconocida con el tercer lugar nacional de reciclaje, segundo lugar institucional ciencia en escena, una patente, un diseño de utilidad.

Actualmente trabaja en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), Instituto Politécnico Nacional. Blanca Estela investiga en Innovación educativa, Educación ambiental. Su proyecto actual es “universidades sostenibles” con énfasis en la formación de investigadores en sostenibilidad.

Ericka Fosado Centeno

er.fosado@crim.unam.mx

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias

Doctora y Maestra en Ciencias Políticas y Sociales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestra en Terapia Sistémica por el Instituto Crisol. Master en Género y Políticas Públicas por la UAB y el CIESAS. Licenciada en Psicología por la Universidad de Guadalajara.

Actualmente se desempeña como Investigadora Asociada en el Programa de Estudios sobre Equidad y Género en el CRIM-UNAM en donde está realizando la investigación: *“Lógica de género y agencia socioambiental en contextos urbanos: rutas alternativas frente al cambio climático”*. Es coordinadora y docente del diplomado “Género, desarrollo y sustentabilidad”. Y forma parte de la Red Género,

Sociedad y Medio Ambiente. Sus líneas de investigación: movilidad sustentable, trayectorias y agencias socioambientales, procesos de vulnerabilidad-autonomía desde el enfoque de capacidades, ecología política urbana, epistemología de la complejidad y teoría feminista.

Libertad Chavez-Rodriguez

libertadchavez@ciesas.edu.mx

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

Doctora en Ciencias Sociales y especialista en Estudios de Género, ambos por la Universidad de Bremen, Alemania. Realizó su tesis doctoral en el campo de los estudios de género y medio ambiente en el *artec Sustainability Research Center*. Maestra en Planeación Regional por la Universidad de Karlsruhe y licenciada en Economía por la UAdeC. Actualmente es investigadora del CIESAS Unidad Noreste a través del programa de Cátedras CONACYT, con el proyecto "Ecología política de las inundaciones urbanas: Segregación espacial de alto riesgo hidrometeorológico y vulnerabilidad social en el Área Metropolitana de Monterrey". Es candidata al SNI, integrante de la Red Género, Sociedad y Medio Ambiente y de la Red Enjust para la justicia ambiental. Sus líneas de investigación son vulnerabilidad social ante amenazas naturales; interseccionalidad, género y desastres; género y cambio climático; problemáticas socio-ambientales en zonas urbanas con perspectiva de género y desde el enfoque de la ecología política.

Margarita Velázquez Gutiérrez

mavg@unam.mx

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias

Doctora en Ciencias Sociales por el Instituto de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Londres y licenciada en Psicología Social por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Con especialidad en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de El Colegio de México y en estudios de género por el Instituto de Estudios del Desarrollo de la Universidad de Sussex. Es Investigadora Titular "B" en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialista en temas de género, sociedad, medio ambiente y sustentabilidad. Integrante fundadora de la Red Género, Sociedad y Medio Ambiente, sus líneas de investigación están vinculados a las dimensiones sociales del cambio climático y la percepción del riesgo. Sus áreas de interés también se vinculan a temas de política y desarrollo social.

Rodrigo Llanos Flores

rodrigo.llanos.f@gmail.com

Doctor en Ciencias Políticas y Sociales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha desarrollado su carrera profesional y académica en temas relacionados con las desigualdades sociales y de género en Chile y México. Ha sido reconocido y becado por el Programa Internacional de Becas de la Fundación Ford y el Convenio CLACSO- CONACYT para la realización de estudios de posgrado en México. Actualmente colabora en dos proyectos de investigación, uno con el Instituto de Ingeniería en el marco de un proyecto FORDECYT, vinculados a la construcción social y la gestión del riego en torno a eventos sísmicos. El segundo, dentro del marco del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) el cual versa sobre el impacto del cambio climático y resiliencia social bajo el escenario de las desigualdades sociales en tres ciudades de México. Sus áreas de interés se sitúan en analizar las transformaciones culturales y sociales que hacen posible nuevas formas de subjetividad y visibilidad de grupos vulnerables en el actual escenario de la desigualdad. Colocando énfasis en las dimensiones relacionadas con la construcción de identidades, masculinidades y el espacio público.

Marisol Anglés Hernández

Investigadora de tiempo completo en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 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. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la línea de investigación institucional: Derecho Energético. Galardonada con la Medalla al Mérito Ciudadano 2018 por la Asamblea Legislativa de la Ciudad de México y con el Premio Nacional Malinalli 2016 para la promoción de las artes, los derechos humanos y la diversidad cultural, por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Correo: mangles@unam.mx.

Erick Alejandro Rafael Aguilar Obregón

gamm.directo@gmail.com

Doctor en Investigación en Ciencias Sociales con mención en Sociología por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede México. Maestro en Administración Pública por el Instituto Nacional de Administración Pública y Maestro en Ciencias en Estudios Ambientales y de Sustentabilidad por el Instituto Politécnico Nacional. De formación es licenciado en sociología por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde hace ocho años su principal línea de investigación ha sido la relación agua y sociedad en la Zona

Metropolitana del Valle de México. Como becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ha realizado estancias de investigación en la Universidad de Salamanca, España y en la Universidad Nacional de General Sarmiento en Buenos Aires, Argentina.

María Concepción Martínez Rodríguez

mconcepcionmr@ipn.mx

Profesora investigadora del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Doctora en Política Pública egresada del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, cuenta con la maestría en Administración Pública y Políticas Públicas por la misma institución, y la carrera de Ingeniero Químico Industrial por el Instituto Politécnico Nacional. Su experiencia profesional se ha desarrollado en el Sector académico en el CIIEMAD, en el sector Gobierno trabajo en la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y en el sector privado cuenta con una experiencia de más de 10 años en empresas transnacionales. Sus principales líneas de investigación son Políticas Públicas, gobernanza, cambio climático, desarrollo sustentable, Transdisciplina.

Linda Marlene Yáñez Pérez

linda.yanez@uaem.edu.mx

Licenciada en Filosofía por la Universidad de Guanajuato. Especialista en Política y Gestión Educativa por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Actualmente cursa la Maestría en Investigación Educativa en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Colaboró en el Centro de Estudios Financieros y Finanzas Públicas de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, desempeñándose como supervisor de la "Auditoria del Programa de Escuelas de Tiempo Completo". Colaboró con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en el área de *Educación y cultura del agua* y de *Participación social*. Cuenta con publicación de artículos en coautoría y ha participado en foros nacionales e internacionales relacionados con la temática de educación ambiental y participación ciudadana.

Teresa Margarita González Martínez

Doctora en Ciencias Biológicas por la UNAM. Maestra en Gestión Integrada de Cuencas por la Universidad Autónoma de Querétaro. Licenciada en Biología por la UNAM. Realizó una estancia posdoctoral en el Instituto de Ecología A.C. Actualmente es Investigadora Adjunta en el Posgrado en Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados. Ha realizado actividades docentes a nivel

licenciatura y posgrado en distintas instituciones: UNAM, UACM e Instituto de Ecología A.C. Ha publicado artículos científicos, capítulos para libros a nivel nacional e internacional y publicaciones en extenso en memorias. Tiene amplia experiencia en proyectos de investigación y consultoría dentro de las áreas de ecohidrología, ecología funcional, servicios ecosistémicos, gestión integrada de cuencas y análisis ambiental. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel 1.

Víctor Daniel Ávila Akerberg

Estudió la licenciatura en biología (1996-2002) y la maestría en restauración ecológica dentro de la UNAM (2001-2003). En 2009 obtuvo el grado de doctor en recursos naturales, en la Universidad de Friburgo, Alemania, y posteriormente realizó una estancia posdoctoral en la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas (2010-2012). Tiene amplia experiencia en trabajo de campo en proyectos de manejo y conservación de recursos naturales, biodiversidad y servicios ambientales en bosques templados, turismo rural sustentable y educación ambiental (con acercamiento a más de 27,000 niños y jóvenes). Ha publicado artículos científicos y capítulos para libros a nivel nacional e internacional. Actualmente es profesor e investigador de tiempo completo del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México, miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1 y profesor de asignatura B en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Dirige y ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado.

Enrique Arturo Cantoral Uriza

Doctorado en Biología por UNAM. Posdoctorado en la Universidad de Murcia, España con el tema Ecología de comunidades acuáticas. Profesor Titular B de T. C. en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de la Facultad de Ciencias, UNAM, campus Juriquilla, Querétaro. Profesor en licenciaturas UNAM: Biología, Ciencias de la Tierra y Tecnología y en los posgrados en Ciencias Biológicas, Ciencias del Mar y Limnología y Ciencias de la Sostenibilidad. En la licenciatura en Biología y en la Maestría en Gestión integrada de Cuencas de la Universidad Autónoma de Querétaro. Su investigación se centra en el estudio ambiental de las algas continentales, particularmente en ríos sobre Ecología de comunidades, Taxonomía, Indicadores biológicos de la calidad ambiental y el Manejo integral de cuencas. Actualmente es el Coordinador de la Unidad Académica de la Facultad de Ciencias, para un segundo periodo (2020-2022). Es Investigador Nacional nivel 1.

Lucia Oralia Almeida Leñero

Doctora en Ciencias por la Universidad de Ámsterdam, Países Bajos. Maestra en Ciencias y Bióloga por la Facultad de Ciencias-UNAM. Profesora Titular B. Coordinadora del Laboratorio de Ecosistemas

de Montaña, Facultad de Ciencias, UNAM. Especialidad: socioecosistemas, manejo integrado de cuencas, identificación y cuantificación de servicios ecosistémicos, diagnósticos ambientales. Con 47 años de servicios académicos en la UNAM. Autora de cerca de 30 artículos, 10 publicaciones en extenso en memorias y artículos, 5 libros y 40 capítulos de libro. Editora y revisora de artículos en revistas nacionales e internacionales. Participación en investigación, formación de recursos humanos, consultorías y asesorías a distintas instituciones públicas y privadas. Responsable y co-responsable de proyectos multidisciplinarios. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT.

DRA. Rocío García Martínez

R. García[1]*: gmrocio@atmosfera.unam.mx

La Dra. García Martínez es Investigadora Titular "A" en el Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM, pertenece al SNI nivel: I. Realizo su maestría en el Posgrado de Ciencias Ambientales de la Facultad de Ciencias y el doctorado en el Posgrado de Ciencias de la Tierra con especialidad en Física de la Atmósfera de la misma Universidad. Su experiencia y trayectoria académica se ha enfocado en el estudio de la composición química del agua de lluvia su impacto sobre ecosistemas acuáticos y terrestres, y la permanencia de las diferentes especies contaminantes en la atmósfera, estas líneas de investigación le han permitido contribuir con la formación de recursos humanos a nivel Licenciatura y Posgrado, la participación en congresos científicos, la organización de eventos académicos, la publicación de 40 artículos, 4 capítulos en libros y la participación en foros de divulgación. He participado en Congresos Internacionales y Nacionales, habiéndose publicado memorias en *in extenso* de todos ellos.

DR. ENRIQUE GONZÁLEZ SOSA

E.Sosa[2]: egs@uaq.mx

El Dr. González Sosa es Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Autónoma de México, su doctorado lo realizo en Mecanique de Millieux Geophysiques et Environmental por Institute Politechnique de Grenoble, Francia, cuenta con una especialidad en Gestión de Cuenca por el ILLA-FAO-Universidad de Trento, Italia, actualmente es profesor de asignatura en Hidráulica e Investigador en la Universidad Autónoma de Querétaro. DEA (MMGE) por la Universite Joseph Fourier de (MMGE). Sus líneas de investigación le han permitido realizar estancias de Investigación en la Universidad de Nebraska, Lincoln, USA y en el CEMAGREF, IRSTEA de Francia. Su trabajo se sustenta en la Hidrología de Base Física, SVAT y de los procesos de superficie. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SIN) Nivel I. Cuenta con más de 50 artículos publicados en revistas indexadas y más de 30 alumnos graduados entre Licenciatura, Maestría y Doctorado.

Ingeniero Químico Moisés López Carrasco

M. López-Carrasco[1]: moises_carrasco26@yahoo.com

El Ing. López Carrasco estudio la licenciatura en Ingeniería Química en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente se desempeña como personal de apoyo de Investigador desarrollando actividades de operación técnica en la colección, procesamiento y análisis de muestras atmosféricas, mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica, participa como asesor técnico y da soporte a estudiantes de Licenciatura y Posgrado, quienes realizan su trabajo de Investigación y proyectos de tesis en el laboratorio de Aerosoles Atmosféricos en el Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM. Es ayudante de profesor de la asignatura en Sistemas Atmosféricos desde el semestre 2018-2 a la fecha en la División de Estudios Profesionales. Facultad de Ciencias-UNAM.

Prof. Gabriela Muñoz Meléndez

Gabriela Muñoz es profesora investigadora en energía y cambio climático, y directora del Departamento de Estudios Urbanos y Medio Ambiente de El Colegio de la Frontera Norte. Es Ingeniero Químico con una Maestría en Ciencias Nucleares y Doctorado (y Diploma) en Ciencias Ambientales por Imperial College London. De 1992 a 1996 trabajó en el Laboratorio de Bacteriología y Fisicoquímica de la Dirección General de Ecología del D.F. Del 2000 al 2008 fue investigador asociado en el *Department of Earth Science and Engineering - Imperial College London*. De 2016 a 2017 pasó su estancia sabática en la Universidad de Stanford investigando el vínculo entre agua

y energía. Ha publicado artículos en revistas tales como Environmental Science and Technology, Journal of the Cleaner Production and Journal of Borderlands Studies. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel II).

Fausto R. Méndez de la Cruz

Es profesor Titular C en el Instituto de Biología en la Universidad Nacional Autónoma de México en la CDMX. Obtuvo su doctorado en 1989 en la UNAM y realizó un posdoctorado en la Universidad de Florida, EUA, y un sabático en la Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, EUA. Su investigación se ha enfocado en la evolución de la reproducción de Reptiles, principalmente en la viviparidad y partenogénesis y más recientemente en la vulnerabilidad de anfibios y reptiles ante el cambio climático. Fue representante de investigadores ante el Consejo técnico de la Investigación Científica, jefe de la oficina de Posgrado del Instituto de Biología y actualmente funge como miembro del Consejo Universitario de la UNAM. Fue presidente de la Sociedad Herpetológica Mexicana, de la Sociedad Latinoamericana de Herpetología y de la Asociación para la Investigación y Conservación de Anfibios y Reptiles.

Mirna Crisel Vera Chávez.

Nació en la Ciudad de México el 23 de noviembre de 1986. Es bióloga egresada de la Facultad de Ciencias de la UNAM (2009) y obtuvo su maestría en el Posgrado en Ciencias Biológicas -UNAM en el 2012 analizando aspectos ecofisiológicos y reproductivos en diversas especies de reptiles. Su experiencia laboral se ha enfocado en diversos trabajos dentro de consultorías desde el año 2012. Además, se desempeñó como técnico de campo y monitoreo dentro de la Comisión de Áreas Naturales Protegidas dentro de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, donde también se enfocó en la divulgación científica impartiendo cursos de capacitación, identificación, manejo y conservación de especies de anfibios y reptiles. Actualmente se encuentra cursando el doctorado, siendo candidata a doctora en Ciencias en el Posgrado en Ciencias Biológicas dentro del Instituto de Biología de la UNAM. Su principal interés de investigación se centra en la ecología térmica y reproducción de diversas especies de reptiles dentro de ecosistemas de alta montaña, evaluando la plasticidad y capacidad de adaptación de los ectotermos en respuesta al cambio climático.--

Diego Miguel Arenas Moreno

Nació el 1 de julio de 1985 en la Ciudad de México. Es Doctor en Ciencias del Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM. Entre sus líneas de investigación se encuentran la ecología térmica, los patrones de actividad y los efectos del efecto del cambio climático en lagartijas nocturnas. Ha publicado sobre ecofisiología y sistemática en lagartijas.

Natalia Fierro Estrada

Nació en México el 30 de diciembre de 1986. Obtuvo su licenciatura en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 2009. Posteriormente, en 2013 obtuvo su grado de maestra en ciencia y en 2019 su grado de doctorado en el Instituto de Biología (UNAM). Actualmente realiza una estancia postdoctoral en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (UNAM). Su interés de investigación se centra en la termorregulación, los mecanismos anticongelantes y el estudio de la vulnerabilidad de extinción de las lagartijas ante el cambio climático.

Carolina Ureta

se graduó de bióloga con mención honorífica por parte de la Facultad de Ciencias de la UNAM y fue acreedora a la medalla Gabino Barreda. Posteriormente hizo una maestría en Tecnología Ambiental en el Imperial College de Londres becada por CONACyT. En el 2014 se graduó de doctora en Ciencias Biológicas por el Instituto de Biología de la UNAM y

realizó dos estancias posdoctorales becada por DGPA, una en la Facultad de Ciencias y otra en el Instituto de Ecología. Su tesis doctoral obtuvo el primer lugar en el concurso de Tesis Puma en Desarrollo Sustentable 2015. Actualmente es catedrática CONACyT del Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM), forma parte del Sistema Nacional de Investigación I y cuenta con 13 publicaciones indexadas y 4 de divulgación de la ciencia (cuenta con más de 200 citas). Ha titulado a una alumna de licenciatura y ha formado parte del comité de dos alumnos más. Es maestra y tutora acreditada de los posgrados en Ciencias de la Tierra, Ciencias Biológicas y Ciencias de la Sostenibilidad. Su línea de investigación está relacionada con el cambio climático y la bio y agrobiodiversidad.

Alma Mendoza

estudió en la UNAM la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias (1999-2003) y una maestría en Ciencias Biológicas (2005-2007). Posteriormente, realizó un máster en Conservación y Manejo de Especies en Tratado Internacional (CITES) en la Universidad Internacional de Andalucía, España (2010-2011), y el Doctorado en Ciencias Ambientales y Atmosféricas en la Universidad de Edimburgo, en Reino Unido (2011-2015). Después, hizo una estancia postdoctoral en el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), Austria (2017-2019), y actualmente realiza otra estancia posdoctoral en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Alma Mendoza ha trabajado por más de diez años en investigaciones de: 1) modelos de cambios de usos y de coberturas del suelo, 2) desarrollo y contextualización de escenarios globales a nivel nacional y subnacional, 3) impactos espaciales por los cambios de uso del suelo y cambio climático sobre la biodiversidad para priorizar áreas de conservación. Su trabajo ha sido publicado en revistas nacionales e internacionales y capítulos de libros. Su trabajo está enfocado en desarrollar modelación integrada de escenarios socioeconómicos y de cambio climático para proyectar tendencias de cambio de uso del suelo e identificar áreas para la conservación de la biodiversidad.

David Morillón Gálvez

La constante en su trabajo ha sido la búsqueda del camino a la sustentabilidad, por el que ha recibido reconocimientos importantes.

Ha formado parte de grupos, colegios y sociedades, generadores de las bases para la normalización y certificación de la edificación sustentable en México y el mundo, asimismo participó en los proyectos de la Commission for Environmental Cooperation (CEC); como parte del Secretariado Técnico para la realización del documento “Edificaciones Sustentables en América del Norte: Retos y oportunidades” y en el de “Energías renovables en Norte América”, asimismo asesoró sobre el tema a Uruguay, El Salvador, Argentina, Perú, Canadá, Colombia, etc., y a empresas como ICA,

URBI, BRACSA, PULTE, ALTTA, etc., Ha dictado conferencias sobre ciudad y edificio sustentables en diversos países y universidades y ha participado como evaluador y jurado en diversos concursos nacionales e internacionales de arquitectura sustentable.

Su trabajo ha consistido en el diseño y asesoría, de diversas edificaciones, normas, iniciativas, certificaciones, etc., en el marco del desarrollo sustentable, en diversas ciudades de México. Tiene varios libros publicados por universidades, editoriales comerciales nacionales e internacionales e instituciones de gobierno, en temas de urbanismo y edificio sustentables, bioclimáticos, eficientes energéticamente, manejo sustentable de los recursos no renovables y cambio climático, actualmente se desempeña como Academico e Investigador en la UNAM, así como Coordinador de Mecánica y Energía en el Instituto de Ingeniería, miembro de los Comités Académicos en los Posgrados de Urbanismo, Ingeniería, Ciencias de la Sostenibilidad, de la UNAM, además de docente en varias universidades de México y el mundo.

Fernando Marcos Aguilar Parra

es doctorante del posgrado en Ciencias Sociales, Desarrollo Sustentable y Globalización de la UABCS.

Maestro en Administración Integral del Ambiente por El Colegio de la Frontera Norte y Arquitecto por el ITLP. Su tesis de maestría fue publicada al ser merecedora de una Mención Honorífica en el Premio Internacional de Tesis de Investigación INFONAVIT-UNAM 2014 sobre Vivienda y Desarrollo Sustentable.

Su labor investigativa está enfocada en la eficiencia energética en edificaciones en la vivienda social, desde una perspectiva de implementación integral.

Ha compaginado su quehacer científico con el artístico como Director adjunto de Átropos Editorial, siendo además autor de obras en los géneros de Cuento y Poesía.

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 de la Academia Mexicana de Ciencias. Representó a México en el Buró IPCC en el marco de la ONU como vice-presidenta del Grupo de Trabajo 3 “Mitigación” (2008-2016).

Doctora en Economía (UNAM, *cum laude*) con Posdoctorado en Estudios de Seguridad y Paz (Universidad de Bradford, Reino Unido). Realiza investigación sobre cooperación internacional en acción climática, turismo y desarrollo sustentable. *Autora o editora de 23 libros y más de 200*

artículos en revistas arbitradas. Autora-lider del IV Informe Evaluativo del IPCC (galardonado con el Premio Nobel de La Paz en 2007). Actualmente autora-líder del VI Informe Evaluativo del IPCC (2018-2022).

Juan Ramón García Feregrino

Licenciado en Derecho por la Universidad de Londres. Es egresado de la Maestría en Derecho, en la línea de investigación Ambiental, por la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco. Cuenta con diplomados en Evaluación de Políticas y Programas Públicos y Administración del Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial.

Actualmente es abogado asociado en el despacho jurídico "*García & Maya abogados*". Es miembro de la Red de Investigadores Parlamentarios en Línea (REDIPAL), perteneciente a Cámara de Diputados. Desde hace 8 años ha sido docente de distintas universidades de las materias: Derechos Humanos y Derecho Constitucional, principalmente.

Ha participado en diversos foros nacionales e internacionales en donde ha impartido ponencias sobre los temas en que es experto, como lo son: Políticas públicas ambientales, Ciudadanías y educación ambiental, Sustentabilidad y sostenibilidad.

Es fundador y conductor del programa de YouTube ***Justicia en Breve,*** el cual tiene dos pilares esenciales: transformación digital y derecho ambiental; porque es consciente de la necesidad latente que existe de difundir estos temas y ponerlos al alcance de todas las personas interesadas y que no necesariamente cuenten con una educación o sean parte de alguna universidad, sino que todo esté a su disposición con un solo clic.

Redes sociales:

Facebook: García & Maya abogados

LinkedIn: Juan R. García-Feregrino

Twitter: @JuanrFeregrino

YouTube: Juan Feregrino

Web: www.garciamayaabogados.com

José Antonio Benjamín Ordóñez-Díaz

Doctor en Ciencias por el Instituto de Ecología de la UNAM. Experto y catedrático en diferentes áreas del cambio climático por más de 26 años. Tiene en su haber 80 tesis (asesoradas, dirigidas y co-dirigidas, algunas con mención honorífica), 19 artículos, más de 200 participaciones en congresos internacionales y nacionales, 20 artículos de divulgación, 14 años con un programa de servicio social multi y transdiciplinario donde se han formado más de 35 estudiantes uno de ellos recibió la medalla Baz Prada, 34 capítulos de libro, 40 reportes técnicos y 40 consultorías, coordinó la publicación de 128 artículos de divulgación para el periódico Cambio de Michoacán. Humanista comprometido con el desarrollo integral de las especies y el respeto al ambiente. Sus intereses de investigación son: mitigación del cambio climático (incluye inventarios, vulnerabilidad y adaptación), gestión de recursos naturales y compensación ambiental. Diversificación económica y promotor de la economía circular. Es profesor en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y pertenece al grupo de energía y cambio climático. Catedrático en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Miembro del SNI. Experto técnico para la Entidad Mexicana de Acreditación. Es arbitro revisor para 5 revistas internacionales.

María de Jesús Ordóñez Díaz

Es bióloga, egresada de la UAM-I, Maestra en Ecología y Recursos Naturales del INIREB en Xalapa, Doctora en Ciencias Biológicas de la UNAM. Actualmente es Investigadora Titular A definitiva de TC, del CRIM de la UNAM, donde coordinó el Programa de Estudios Socio Ambientales. Pertenece al SNI. Ha participado en la publicación de siete libros, 24 capítulos de libro, 13 artículos arbitrados y 10 artículos de divulgación en revistas nacionales e internacionales como Climatic Change y Conservation Ecology; ha participado en 42 proyectos de investigación, nueve de los cuales ha coordinado, ha publicado cuatro informes técnicos y elaborado 36 informes internos no publicados, ha sido profesor titular de 25 asignaturas de licenciatura, maestría y doctorado ha impartido 41 cursos, 7 de nivel licenciatura, 28 de nivel posgrado, 4 diplomados y 1 taller. Ha participado en la titulación de 51 alumnos, 14 de licenciatura, 20 de maestría y 23 de doctorado. Es coordinadora de un seminario de doctorantes de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM en la Ciudad de México. Ha organizado 33 actividades académicas, dos congresos internacionales, uno sobre desarrollo y medio ambiente y el más reciente sobre Descrecimiento Norte-Sur.

Luis Enrique Ortega Treviño

Es pasante de la Licenciatura de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Su formación académica se enfoca en el hacía aprovechamiento y la protección de los recursos naturales y forestales, cambio climático, servicios ambientales, divulgación científica, docencia y educación

ambiental. Ha participado en proyectos con instituciones como el INIFAP de 2016 a 2018 y la CONAFOR en 2017 y 2018; desde 2017 a la fecha colabora en Servicios Ambientales y Cambio Climático SACC, A.C. Cuenta con más de 40 trabajos en congresos nacionales e internacionales en temáticas de recursos naturales y forestales, cambio climático, ecología y educación ambiental desde 2016 a la fecha. Participó en la elaboración de 2 libros especializados, 1 memoria de un congreso internacional y, 1 memoria del foro de servicios técnicos forestales. Ha participado en reuniones de investigación, coloquios y simposios relacionados al sector forestal y cambio climático. Así mismo, ha colaborado en dos charlas y un taller de carácter divulgativo, ha colaborado en más de 20 infografías ambientales y en la realización de 4 videos, siendo uno de ellos ganador del primer lugar en la modalidad trabajo en equipo por la UNAM.

Anabell Munguia Barcenas

Es pasante de Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Actualmente se desempeña como Adjunta de Investigador en Servicios Ambientales y Cambio Climático SACC, A. C. Colabora en actividades científico-administrativas, formación de recursos humanos especializados, desarrollo de artículos científicos y coordinación de actividades del Programa de Servicio Social y de Jóvenes Construyendo el Futuro dentro de la asociación. Cuenta con 7 participaciones como autora y 64 como co-autora en proyectos de Investigación para 17 Congresos Nacionales e Internacionales en temáticas ambientales, trabajo con comunidades, conservación y manejo de recursos forestales. Ha participado en la elaboración de 1 libro especializado; en la capacitación y, se ha desempeñado como técnico de campo para inventarios de gases de efecto invernadero, participado en la logística para cursos, talleres y pláticas con temáticas de sensibilización ambiental, cambio climático y captura de carbono en comunidades del estado de Oaxaca. Por último, participa como miembro-estudiante en la Sociedad Científica Mexicana de Ecología, A.C.

Adolfo Galicia Naranjo

Es Licenciado en Biología por parte de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM. Maestría en Ciencias Biológicas en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); en el área de especialidad: Manejo Integral de Ecosistemas. Ha trabajado en proyectos relacionados con la estimación de almacenes y captura de carbono en ecosistemas forestales, ha participado en la elaboración de Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel Nacional, en la Quinta Comunicación Nacional ante el Cambio Climático en México; en los sectores Uso de Suelo, Cambio en el Uso de Suelo y silvicultura (USCUSS) y en el sector de Agricultura. Para estos dos sectores, también he participado como asesor en los Inventarios Estatales de Emisiones de GEI para el estado de Tlaxcala ya para el Estado de México.

Jorge Membrillo-Hernández

Es Ph. D en Biotecnología y Sostenibilidad del King's College de la Universidad de Londres, Inglaterra. Ha sido catedrático durante más de 26 años a nivel de pre grado y posgrado, que a los 26 años ya era doctor graduado del King's College de Londres, Inglaterra, y a los 28 años ya era titular de la cátedra "Hans Krebs" en la Universidad de Shefield e investigador asociado en la Universidad de Harvard ambas en Estados Unidos. Cuenta con más de 40 artículos arbitrados en revistas de alto impacto, pertenece a 20 comisiones científicas en el mundo, es arbitro y revisor de 6 revistas internacionales. En 1996 obtuvo el título de "Joven científico del año" en el Reino Unido por descubrir la estructura compleja de la hemoglobina en bacterias. Sus intereses de investigación son nuevos modelos pedagógicos, específicamente el aprendizaje basado en desafíos. Es profesor a tiempo completo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias del Tecnológico de Monterrey, Campus de la Ciudad de México. Sus amores son: sus padres, hermanos, esposa, hija y en particular su abuelita y Xochimilco. Es profesor investigador de tiempo completo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Danae Itzel Jiménez Méndez

Es pasante en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Ha asistido a diversas ediciones del Coloquio Internacional de Primavera Graciela Arrollo Pichardo en la FCPyS de la UNAM. Actualmente realiza su servicio social en Servicios Ambientales y Cambio Climático SACC, AC. desempeñando actividades de investigación científica, logística para talleres y pláticas de educación ambiental para nivel primaria en el Colegio de San Ignacio de Loyola Vizcaínas. Realizó un curso en línea de Introducción al Cambio Climático con reconocimiento de The One UN Climate Change Learning Partnership (UN CC:LEARN).

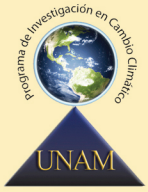
José Clemente Rueda Abad

Es Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Guanajuato, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Colabora en el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM. Ha sido académico de los diplomados: Desastres y Cambio Climático que se imparte en Instituto Mora y en el de Gobernanza del cambio climático del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Ha impartido cursos especializados sobre cambio climático en más de 20 universidades del interior del país. Sus líneas de investigación son: sociología climática, vulnerabilidad social, políticas públicas para cambio climático y financiamiento climático.

Rocío del Carmen Vargas Castilleja

Es Ingeniera Industrial, Maestra en Administración Industrial y Doctora en Medioambiente por la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller" (FIANS) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Las líneas de investigación desarrolladas han sido cambio climático en cuencas, manejo de recursos hídricos, vulnerabilidad y desarrollo sustentable. Es Profesora de Tiempo Completo en la FIANS, UAT con Perfil Deseable y miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Integrante del Cuerpo Académico Consolidado en Medioambiente y Desarrollo Sustentable (UAT-CA-29), colaboradora de la ONG Ingenieros Sin Fronteras México, A.C. Imparte cátedra en el programa de Ingeniería Industrial en el área de Medioambiente y Desarrollo Sustentable.

Esta obra se terminó de realizar en el mes de noviembre de 2021 por el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM.
Circuito de la Investigación Científica s/n
Edificio de Programas Universitarios de la UNAM, Planta Alta, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX


Programa de Investigación en Cambio Climático
UNAM

UNAM