

INFORME FINAL:

Intercambio de CO₂, agua y energía en ecosistema costero para fines de conservación y mitigación de los efectos del cambio climático: colaboración con el Ejido Sisal, en Yucatán

Propuesta para la Convocatoria 2020 para Proyectos de
Investigación en Cambio Climático

Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM



Responsable técnico: Bernardo Figueroa Espinoza

Modalidad: c) Proyecto con apoyos concurrentes

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto propone dar continuidad y fortalecer una colaboración entre el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la UNAM y el Ejido Sisal, en el Municipio de Hunucmá, Yucatán, al noroeste del estado. En los últimos años, el Ejido Sisal ha logrado consolidar acuerdos y acciones con el objetivo de destinar gran parte de sus áreas naturales de humedales a fines de protección y conservación, mientras se prepara para implementar actividades económicas sustentables que beneficien la economía de la comunidad. Dichas acciones participativas ya han sido reconocidas con fondos de diferentes fuentes para iniciar los trabajos del establecimiento de una línea base de captación y almacenamiento de Carbono en la zona que se destinará a la protección y conservación, cuyos ecosistemas son dominados por varios tipos de manglar y una transición a selva baja caducifolia.

En este marco de colaboración, se propone contribuir dando soporte técnico/científico a la iniciativa de protección y conservación, por medio de mediciones biometeorológicas y de flujos verticales de uno de los Gases de Efecto Invernadero que más contribuyen al calentamiento global, el Dióxido de Carbono (CO_2), usando la técnica de Covarianza de Vórtices (EC por sus siglas en Inglés, Eddy Covariance, ver Baldocchi, 2003). El grupo de Ecohidrología del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la UNAM cuenta con experiencia en el empleo de mediciones remotas y el establecimiento de torres instrumentadas de EC en este tipo de ecosistemas, y plantea un estudio que permita evaluar el intercambio de CO_2 , agua y energía entre la atmósfera y los ecosistemas costeros del Ejido Sisal, lo cual permitirá complementar la información de los almacenes anuales de Carbono medidos con técnicas tradicionales de inventarios forestales (parcelas). Dichos inventarios iniciaron en 2020 (establecimiento de la línea base) y continuaron este 2021, gracias a esta colaboración y a fondos externos que el propio Ejido ha gestionado. Los resultados servirán para fortalecer y dar sustento científico a las acciones de protección y conservación de la comunidad y arrojará luz sobre la dinámica ecohidrológica, vulnerabilidad y resiliencia de estos ecosistemas costeros ante los efectos del cambio climático mismo y la presión antropogénica a los que están sujetos. Cabe mencionar que en la literatura no se encuentran comparaciones directas entre los dos métodos de medición antes mencionados para un mismo sitio de humedales (manglar y zonas de transición), principalmente por la falta de sitios de monitores de EC en estos ecosistemas.

Equipo de trabajo

- Dr. Bernardo Figueroa Espinoza. Investigador Titular del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Doctorado UNAM, posdoctorado en el Instituto de Mecánica de Fluidos de Toulouse, Francia. Líneas de investigación: mecánica de fluidos, Covarianza de Vórtices, dinámicas ecohidrológicas, flujos atmosféricos, flujos turbulentos y energías renovables. SNI Nivel I. Responsable del proyecto
- Dr. José López González. Técnico Académico Titular “C” del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Ing. Civil, Doctorado UNAM, especializado en Ingeniería Costera, Campañas de campo, Mediciones Oceanográficas, Diseño de Experimentos. Co-responsable del proyecto
- Dra. Zulia M. Sánchez Mejía. Profesor investigador del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Doctorado de la Universidad de Arizona, especialista en ecohidrología y manejo de cuencas, Posdoctorado en la Universidad de Delaware. Líneas de investigación: Covarianza de Vórtices, flujos atmosféricos, hidrología.
- M.C. Juan Pablo Caamal Sosa, Biólogo, Maestro en Ciencias del Instituto Tecnológico de Conkal. Líneas de trabajo: a) Almacenes y flujos de carbono en selvas y manglares, b) Técnico de campo forestal y laboratorio, c) Manejo de SIG. Técnico especializado. Él ha llevado a cabo la campaña de línea base de almacenes de Carbono en el ejido y colaborará con las campañas de campo, elaboración de reportes, trabajo comunitario, y gestiones con el ejido.
- Ing. Américo Almonacid Toledo, Ing. en Gestión Forestal, 9 años trabajando en comunidades del Estado de Yucatán. Egresado del Instituto Nacional de Capacitación, Universidad Tecnológica del Sur de Chile (INACAP). Líneas de trabajo: a) Servicios Ambientales en selvas y manglares b) Técnico de campo forestal – Ambiental c) Asesor técnico del Ejido Sisal (12 años en sisal) d) Manejo de SIG. Junto con el Mtro. Caamal ha estado colaborando con la comunidad durante casi una década, y es nuestro enlace con el trabajo comunitario en el Ejido Sisal. Llevará a cabo campañas de campo, difusión de las actividades en el ejido y al público en general, y es el responsable de planear e implementar el esquema de actividades productivas sustentables en el proyecto comunitario
- Dr. Jorge Uuh Sonda, Técnico del proyecto, especializado en Ecohidrología, Covarianza de Vórtices y Dinámicas Ecohidrológicas de sistemas tropicales. Sus tareas en el proyecto: actividades de coordinación con el ejido, campañas de campo, mediciones meteorológicas y torre de flujos, técnico en covarianza de vórtices, adquisición y tratamiento de datos, redacción de artículos.
- M. en Ing. Juan A. Gómez Liera: Técnico académico del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Maestría en Ing. Electrónica de CICESE, B.C. Especialista en electrónica, sensores, adquisición de datos, conversión analógica/digital, comunicaciones electrónicas. Encargado de comunicaciones electrónicas de los equipos, sensores, electrónica en campañas de campo, recuperación de datos, calibración y reparación de equipos.
- Dr. Jorge Herrera Silveira: Biólogo de la Universidad Autónoma de Guadalajara., Doctorado en la Universidad de Barcelona, España. Investigador Cinvestav 3C, miembro del Sistema Nacional de Investigadores: Nivel III. Mediciones independientes de almacenes de carbono

Avances logrados 1er año

1. Configuración de un sistema de covarianza de vórtices

El equipo para instalar en el Sitio propuesto del Manglar proviene de una colaboración entre el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y el Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros (LIPC) de la UNAM. Este equipo permitirá la medición de flujos verticales de CO₂, vapor de agua, calor sensible y latente, así como distintas variables meteorológicas (Figura 1). Debido a que el manglar del ejido Sisal no suele permanecer durante mucho tiempo inundado, se ha optado por una plataforma de madera que levante una pequeña torre sobre el nivel de inundación. Sin embargo, durante el 2020 se presentaron 5 eventos hidrometeorológicos extremos, que hicieron de dicho año un año anómalo en cuanto a precipitación se refiere. Lo cual retrasó la instalación de la plataforma, debido a que los sitios aún presentan cierto nivel de inundación (ver [Reporte_final_tecnico_cambio_Climatico_Jorge_Uuh.pdf](#)).

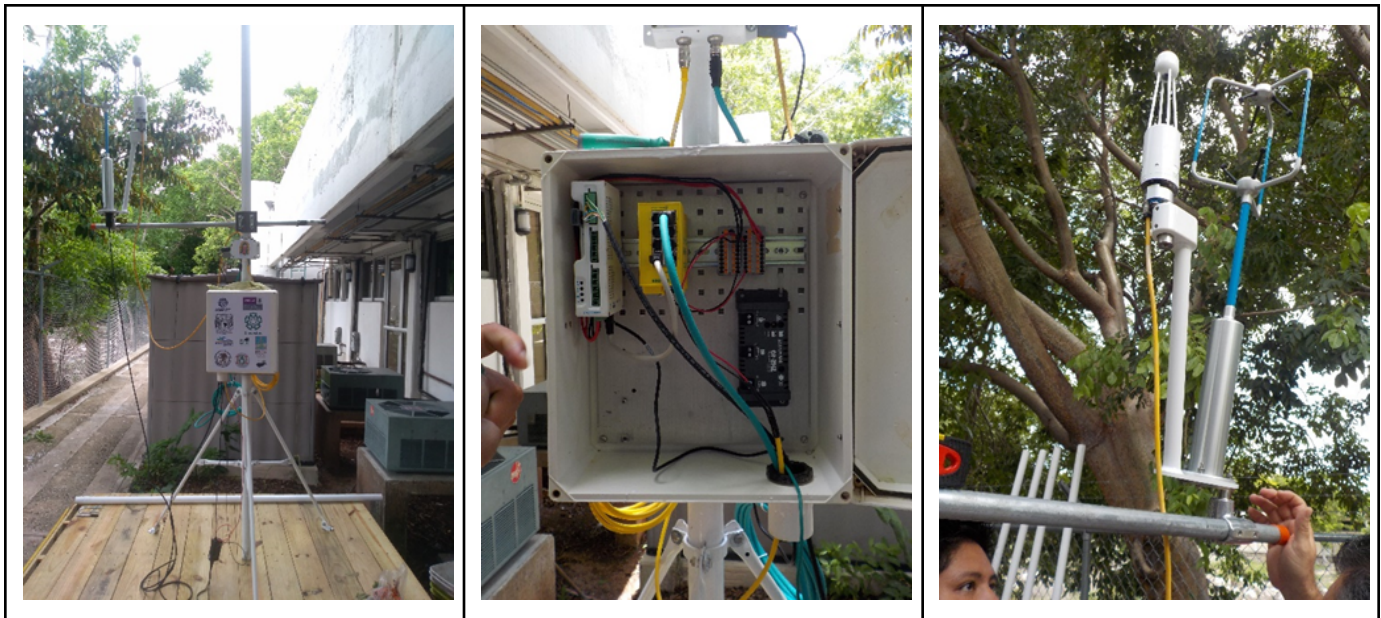


Figura 2: torre de covarianza de vórtices adaptada para instalarse en una plataforma de madera

2. Salidas de campo para localización de sitio de monitoreo

Se realizaron cinco salidas de campo para buscar un sitio ideal para la instalación de nuestro sistema de Covarianza de Vórtices, intentando localizar un sitio que sea representativo del manglar de la región y que nos permita un fácil acceso, así como las condiciones óptimas para perturbar lo menos posible dicho lugar. Se seleccionó un parche

de manglar cercano a una de las parcelas del inventario forestal efectuado por los Ejidatarios, el cual es muy representativo del lugar ($21^{\circ}07'48.0''\text{N}$ $90^{\circ}00'36.0''\text{O}$, Figura 2).

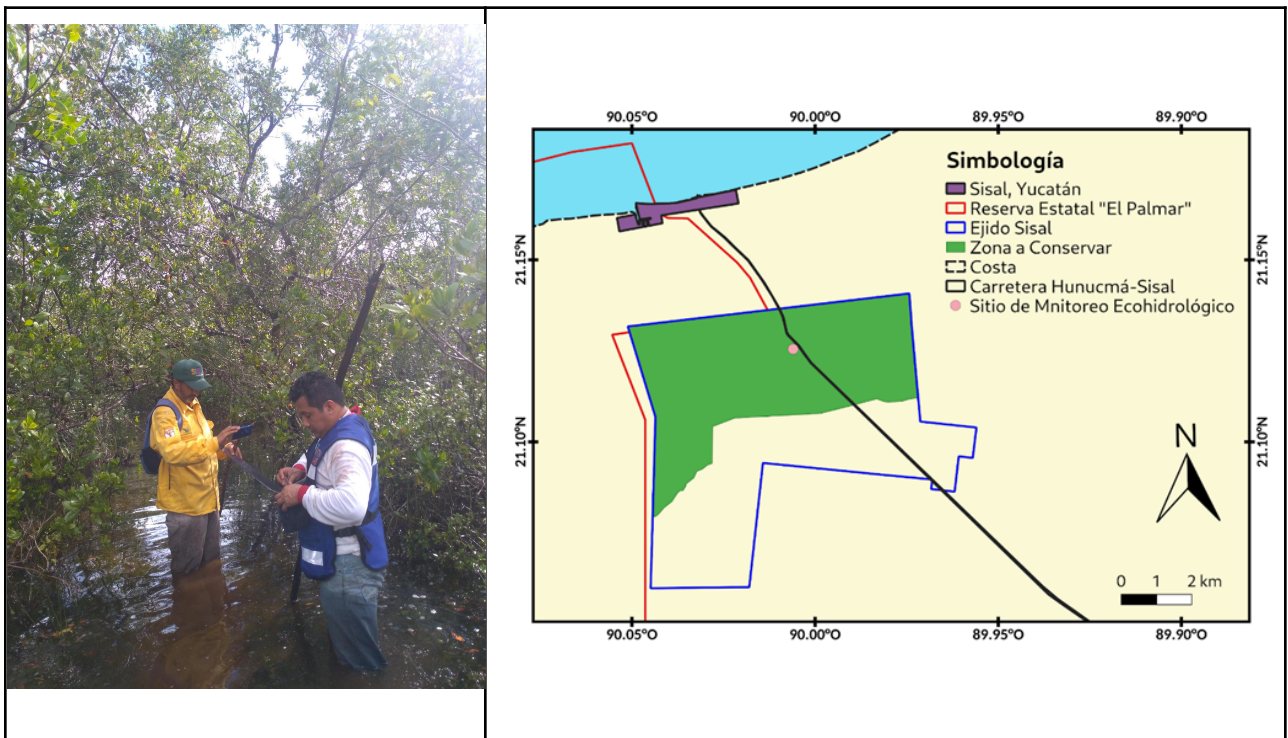


Figura 2: Izquierda: salida de campo para buscar parcelas de manglar adecuadas para el estudio de covarianza de vórtices. Derecha: Zona de estudio. Sitio de la instalación del Sitio de Monitoreo Ecohidrológico del manglar del Ejido Sisal.

3. Colaboración en las mediciones de línea base

Con el objetivo de conocer los cambios en los almacenes de Carbono (biomasa aérea, carbono en suelo) durante un año, los ejidatarios de Sisal, con el apoyo de varias instancias públicas y privadas, han podido establecer varias parcelas de monitoreo forestal para el establecimiento de una línea base entre marzo 2020 y marzo 2021. Como parte de la colaboración con el Ejido, hemos participado en estas salidas de campo y en las mediciones realizadas (Figura 3). Cabe aclarar que estas actividades (línea base) son lideradas por el Ejido de Sisal, en el marco de su proyecto de desarrollo sustentable, que comprende destinar áreas de conservación, monitoreo ecológico y actividades económicas sustentables. Nuestra participación es contribuir con actividades que den sustento científico al marco general para que el proyecto comunitario tenga más posibilidades de éxito. La línea base servirá, entre otras cosas, para que el ejido participe en el mercado de carbono y certifique sus actividades y características sustentables.

El establecimiento o levantamiento de una parcela está explicado en detalle en el documento “JPCaamalReporte Unam_072021.pdf” que acompaña a este informe. En este contexto, nosotros como grupo de la UNAM en este proyecto (Dr. Bernardo Figueroa, Dr. Jorge Uuh Sonda, M.C. Juan Pablo Caamal y Dr. José López González) hemos colaborado tanto en facilitar el acceso a equipo especializado, como en trabajos de campo en apoyo de los ejidatarios (comisario ejidal Rubén Omar Esquivel Campos, Martín Noe Flores Esquivel, José Antonio Hernández Canul, Hilda de Jesús Uc Crespo, Vicente Canul Cauich, Luis Granados, Benigno Esquivel, Martín Granados, Felipe Moo Chuc, José Francisco Choch Koyoc, y el Ing. Américo Almonacid T.), participando junto al personal de la empresa The EarthLab (M. en C. Juan Pablo Caamal, Dr. Gustavo Ramirez Ramirez) y de académicos del CINVESTAV-Unidad Mérida (Dr. Jorge Herrera y Dr. Claudia Teutli).





Figura 3. Participación en salidas de campo, mediciones y facilitando instalaciones, en apoyo a las actividades emprendidas por el Ejido Sisal, en sus proyectos sustentables.

4. Participación en talleres con la comunidad del Ejido Sisal y participantes del proyecto (The EarthLab)

Se participó en una serie de tres talleres virtuales y presenciales, respetando las medidas sanitarias de prevención ante la contingencia por el COVID-19, con los ejidatarios de Sisal para informar sobre los principales temas referentes a este proyecto y con temas relacionados al medio ambiente, cambio climático, conservación, captura de Carbono y mercados de los bonos de Carbono (Figura 4). La primera se impartió sobre las Salvaguardas ambientales y sociales, la segunda es sobre la conservación del manglar y la tercera fue una capacitación para el levantamiento de línea base del proyecto de captura de carbono.



Figura 4. Talleres de salvaguardas ambientales y sociales, Taller sobre temas de conservación de manglar y taller de capacitación en el levantamiento de la línea base.

Avances logrados 2o año

1. Primeros resultados de almacenes de Carbono

Se realizó un procesamiento de datos de almacenamiento de carbono y se compilaron los resultados que se tienen hasta ahora en un reporte que contiene una base de datos.

2. Participación en el trabajo de campo de las línea Base

El establecimiento de la línea base que comenzó en 202, se complementará con dos campañas, una en proceso, en noviembre y diciembre de 2021 y otra en la primavera de 2022, esto debido a los retrasos acumulados por la pandemia y a los persistentes niveles de inundación (ver JPCaamalReporte Unam_072021.pdf). Desafortunadamente, estos factores nos han retrasado considerablemente en el cumplimiento del cronograma proyectado.

3. Instalación de plataforma en zona de manglares para instalación de torre de flujos

Debido a que el aumento anómalo del nivel del agua por más de 6 meses no permite trabajar “en seco”, se decidió instalar la plataforma en condiciones de inundación tras una ligera disminución del nivel. Se instaló una plataforma de aproximadamente 2m de altura sobre el terreno, hecha con maderas (y mano de obra) locales (Figura 5). Esto permitirá instalar una pequeña torre tipo Z30 (o 45) para colocar los sensores del sistema de Covarianza de Vórtices: IRGA (Analizador de Gases Infrarrojo, por sus siglas en inglés) y anemómetro sónico (Figura 2) sobre el nivel del dosel.



Figura 5: instalación de plataforma donde se instalará la torre (2 tramos de 3m tipo Z45 o Z30) instrumentada con el sistema de Covarianza de Vórtices.

4. Reuniones informativas con la comunidad del Ejido

Como parte de la colaboración, hemos mantenido comunicación con el Ejido a través de reuniones presenciales, así como de un informe escrito (ver: REPORTE TECNICO PROYECTO EDDY COVARIANCE VERSION EJIDO SISAL.pdf), donde reportamos el avance del proyecto, los objetivos alcanzados hasta la fecha y lo que viene en los siguientes meses con la puesta en marcha de los sensores.



Figura 6: Reuniones informativas con la comunidad del Ejido, para platicarles de los avances en el proyecto.

5. Redacción de artículo de divulgación

Un artículo de divulgación ha sido aceptado para su publicación en la gaceta del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC Newsletter): ver Articulo Divulgacion.pdf.

6. Publicación de resultados en congreso científico

Se dio difusión al proyecto en un congreso científico. Se presentó un trabajo (abstract y artículo en extenso) en el XII Simposio Internacional del Carbono en México, 2021 (Figura 7), llevado a cabo en Monterrey, México (ver archivos Resumen_Extenso_PMC_2021.pdf y Resumen_Extenso_PMC_2021.pdf). Este trabajo, eventualmente será publicado como parte de una Síntesis Nacional, que año con año publica el Programa Mexicano del Carbono (PMC)



Figura 7: captura de pantalla de la presentación en el XII Simposio Internacional del Carbono en México 2021.

- Se llevó a cabo la re-calibración de analizadores de gases infrarrojos y pluviómetros, que forman parte de nuestra Torre de Flujos de El Palmar y una estación meteorológica en Sisal, las cuales servirán de apoyo para generar datos de forma simultánea y llevar a cabo estudios comparativos entre sitios. Este trabajo permitirá iniciar la adquisición de datos en los primeros meses de 2022.

Dificultades encontradas durante el proyecto

Hay tres situaciones principales que provocaron serios retrasos en este proyecto en particular:

1. La pandemia **COVID-19**: esto fue un problema muy serio, pues a partir de la segunda ola de la pandemia los pueblos de Yucatán literalmente cerraron (las autoridades locales colocaron retenes a las entradas de los pueblos) y fue imposible llevar a cabo muchas tareas de campo a tiempo. Nosotros decidimos construir la plataforma para mediciones de flujos con mano de obra (y material) local, de modo que ésta avanzó muy lento. Las reuniones también se tuvieron que posponer hasta la reapertura. Por otro lado, el acceso a laboratorios de CINVESTAV fue imposible durante gran parte del año, y el acceso a los laboratorios de la UNAM fue muy restringido (en la UNAM las actividades de campo también estuvieron detenidas gran parte del año).
2. La precipitación récord que se dio durante el año 2020 debida a el **paso consecutivo de cinco ciclones por la región** (Amanda en Mayo; Cristóbal en Junio; y Gamma, Delta y Zeta en Octubre): los niveles freáticos aumentaron muchísimo, y el lugar permanece inundado hasta hoy, solamente con un ligero descenso en el nivel, a pesar de que el sitio suele secarse cada año durante la época invernal hasta el inicio de las lluvias (mayo-junio). Por ello, solo se pudieron ingresar los materiales para la plataforma hasta el último cuatrimestre de este año.
3. El plan original contempla mediciones simultáneas de meteorología a través de nuestra estación meteorológica en Sisal (<https://www.ruoa.unam.mx/index.php?page=estaciones&id=13>) de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA) y nuestra torre de flujos ubicada en El Palmar, Yucatán (<http://ocse.mx/es/experimento/torre-de-flujos-palmar>). La primera requirió mantenimiento correctivo debido a que se dañó gravemente la torre, y la segunda tuvo problemas, pues fallaron dos tarjetas de adquisición de datos (data-loggers) en noviembre. Hemos tenido que hacer reparaciones de ambas. Ya reparamos todos los equipos, y aprovechamos para recalibrar sensores. Falta subir equipos EC a la torre del Palmar y el manglar.

Cumplimiento de metas y objetivos

A continuación se desglosan los objetivos y la evaluación de su cumplimiento durante el proyecto. Desafortunadamente, como consecuencia de las dificultades mencionadas en la sección precedente, los puntos iii, v, vii y viii no tienen avance al día de hoy. Esto no quiere decir que no se vayan a cumplir, pues en cuanto se instalen los tramos de torre sobre la plataforma (se instalará con una empresa particular), se podrá iniciar la medición y adquisición de datos correspondiente a la covarianza de vórtices, de manera continua durante al menos un año y se cumplirán con los objetivos comprometidos.

- i. Colaborar en las mediciones de línea base llevadas a cabo por el método de parcelas para conocer los almacenes de Carbono durante un año: **100%** cumplido.
- ii. Implementación e instalación de un esquema de monitoreo empleando la técnica de covarianza de vórtices (EC, por sus siglas en inglés) y meteorología, capaz de medir los intercambios verticales de los flujos de CO₂, agua y energía, y variables ambientales que influyen en tal intercambio entre el ecosistema y la atmósfera del manglar del Ejido Sisal: **70%** terminado. Falta iniciar las mediciones debido a que se atrasó la construcción de la plataforma, la cual ya se ha terminado.
- iii. Estimación de indicadores ecohidrológicos como el intercambio neto del ecosistema (NEE), productividad primaria bruta (GPP), evapotranspiración (ET), y eficiencia en el uso de agua (WUE), a partir del método de EC: **0%**, mismo caso que punto anterior.
- iv. Elaborar un estudio integrativo con los resultados obtenidos en el establecimiento de la línea base y con los resultados de la Covarianza de Vórtices para el ecosistema de manglar del Ejido Sisal: **50%**, falta la parte del EC.
- v. Hacer estudios comparativos de flujos de CO₂, agua y energía entre los ecosistemas costeros de manglar y selva baja caducifolia (empleando nuestro sitio de El Palmar): **50%** falta EC en Manglar.
- vi. Lanzar un proyecto piloto de monitoreo comunitario/participativo con la ayuda de talleres de entrenamiento para instalar y operar los equipos de medición de intercambio de flujos superficiales, así como interpretación básica de datos: **0%** falta EC.
- vii. Implementar una plataforma digital de difusión y almacenamiento de los datos de los sitios de monitoreo (repositorio): **50%** se cuenta ya con la plataforma del observatorio costero del Instituto de Ingeniería de la UNAM para repositorio y difusión de la información. Falta iniciar la campaña de EC y publicar los datos (ver por ejemplo <http://ocse.mx/es/experimento/torre-de-flujos-palmar/resultados#graphs>)
- viii. Realización de talleres y/o reportes donde se den a conocer los resultados de los sitios de monitoreo dirigidos a las comunidades donde se encuentren estos, así como a instituciones de diferentes niveles de Gobierno y Organizaciones No Gubernamentales (ONG): **40%** faltan talleres correspondientes a EC.

Productos

A continuación se muestra una tabla con los productos comprometidos y su cumplimiento (ver sección “Dificultades encontradas durante el proyecto”).

Producto	Cumplimiento	Notas
Colaboración entre la UNAM, otras universidades y las comunidad del Ejido Sisal, fortaleciendo el vínculo entre la Máxima Casa de Estudios y la sociedad civil (vinculación y extensión).	100.00%	ITSON, CINVESTAV, Universidad Autónoma Indígena de México, Unidades Educativas Mochicaui y Choix, estudiantes servicio social y Ejido Sisal.
Difusión de los resultados en un lenguaje sencillo, para la comunidad del Ejido Sisal, y posteriormente para el público en general por medio de publicaciones y eventos de divulgación de la ciencia.	80.00%	Falta terminar la parte de covarianza de vórtices (EC)
Redacción de al menos un artículo científico en revista internacional arbitrada	50.00%	Se publicó un trabajo en el XII Simposio Internacional del Carbono en México (Caamal et al., 2021). La cual será integrada a una Síntesis Nacional editada por el Programa Mexicano del Carbono. Faltan resultados de EC.
Redacción de al menos un artículo de divulgación de la ciencia y reportes dirigidos a la comunidad.	100.00%	Se envió un artículo de divulgación a la gaceta de difusión del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera LANRESC (ver “Articulo Divulgacion.pdf”)
Talleres de capacitación del uso de sensores y recolección de datos para el monitoreo de servicios ambientales	50.00%	Falta capacitación para covarianza de vórtices
Base de datos de flujos de carbono, agua y energía en formato digital	50.00%	(ver docto adjunto JPCaamalReporte Unam_072021.pdf). Falta base de datos covarianza de vórtices, e integración a plataformas web.

Resultados preliminares de inventario de Carbono (resumen)

En los resultados preliminares del inventario forestal de los manglares y selvas del Ejido Sisal, se registraron 58 especies forestales. La composición de ambos ecosistemas estudiados tiene como especie dominante al *C. erectus* que presenta pocos estudios en la literatura. En el manglar del Ejido Sisal se presentan especies también pertenecientes a la Selva Baja Caducifolia (SBC) y que son de importancia regional por endemismo y sus usos como comestibles, medicinales, construcción y melíferas tales como *Manilkara Zapota*, *Sabal Japa*, *Havardia albicans*, *Gymonopodium floribundum* y *Thrinax radiata*, esta última listada bajo la NOM-059-SEMARNAT-2001, como especies amenazada.

El Manglar de la región presenta una salinidad promedio de 41.8 ± 16.1 ppt con una inundación máxima de 36.32 ± 5.3 cm. Los ecosistemas del Ejido Sisal presentan en conjunto un almacén de carbono en la biomasa viva de 147.61 ± 81.84 tonC/ha. En el Manglar, el carbono almacenado tuvo un promedio de 80.1 ± 37.7 tonC/ha para el estrato arbóreo (arbolado y raíces) y de 1.3 ± 1.1 tonC/ha para el estrato no arbóreo (hierbas y arbustos). En la selva, el promedio de almacén de carbono fue de 54.9 ± 31.6 tonC/ha y de 1.7 ± 1.33 tonC/ha, para los estratos arbóreo y no arbóreo, respectivamente (Figura 9). El promedio de los almacenes de carbono aéreo en Manglar obtenidos en este estudio son cercanos al promedio reportado por Herrera-Silveira et al. 2020 para la península de Yucatán (76.9 ± 8 tonC/ha). Se puede decir que estos resultados son cercanos a los obtenidos en Norteamérica (México y Estados Unidos) los cuales reportaron 82.7 tonC/ha y Centroamérica que tuvo 71.7 tonC/ha de biomasa aérea (Kauffman, et al., 2020). La composición estructural y el contenido de carbono almacenado en ambos ecosistemas, comparado con otros, indica que la geomorfología del lugar, la micro topografía y variables fisicoquímicas del suelo de los sitios estudiados están influyendo sobre los resultados obtenidos.

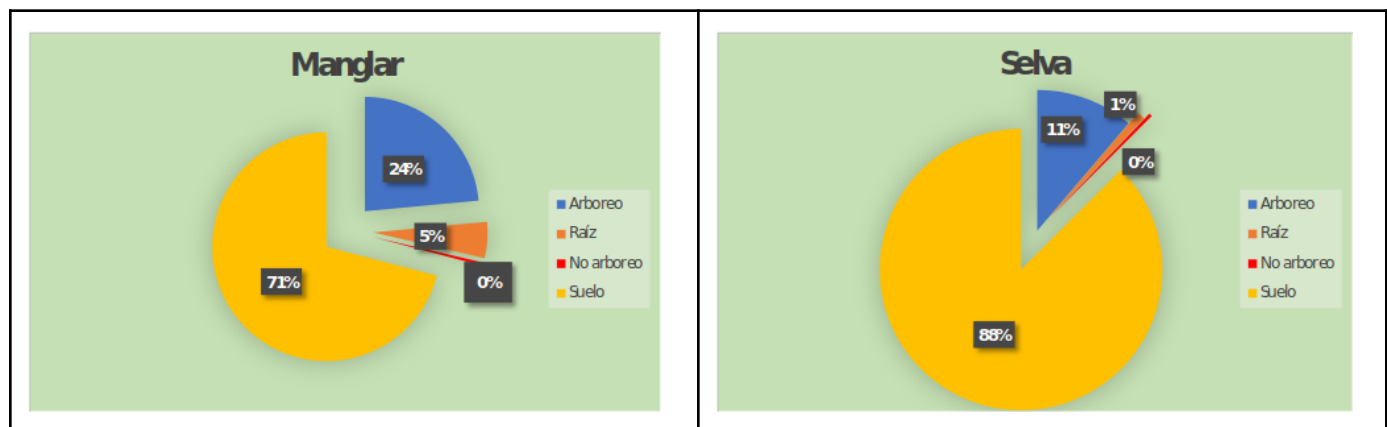


Figura 9: proporción aproximada de distribución de almacén de carbono en manglar (izquierda) y selva o Petén (derecha)

Se concluye que es necesario continuar con el monitoreo de al menos algunas de esas variables (al menos las de fácil medición como la salinidad intersticial y niveles de inundación), así como obtener información de la precipitación pluvial, temperatura y evaporación que expliquen mejor los resultados obtenidos. La obtención de la información biometeorológica y de los intercambios verticales de flujos de gases entre la superficie y la atmósfera que se obtendrán con la instalación del sitio de monitoreo ecohidrológico serán claves para explicar mejor los resultados y generar las mejores estrategias de conservación y generación de los proyectos sustentables.

Adjunto a este documento se presentan las publicaciones producidas durante el proyecto, así como un reporte detallado de base de datos obtenida durante la campaña (JPCaamalReporteUnam_072021.pdf), redactado por el participante M.C. Juan Pablo Caamal Sosa, donde se detallan los resultados de estructura de las capas vegetales de los ecosistemas y contribuciones al almacén de carbono en los distintos ecosistemas del Ejido Sisal. Las campañas de campo fueron llevadas a cabo gracias a la participación de miembros del Ejido Sisal, académicos de la UNAM, CINVESTAV, ITSON, estudiantes de servicio social de la Universidad Universidad Autónoma Indígena de México, Unidades Educativas Mochicaui y Choix, así como personal de la empresa certificadora The EarthLab, S.A. de C.V.

Informe financiero

A continuación se muestra una tabla resumen del informe financiero, cuyos detalles se podrán encontrar en el documento adjunto titulado “Informe financiero_Cierre_ 1602_ DR. BFE.xlsx”. Los gastos más importantes corresponden a pagos a técnicos de campo y gastos de campo (\$100,000 y \$45,000), donde los segundos comprenden herramientas de mano, consumibles, refacciones de equipos a reparar, gasolina, guantes, botas para pantano, comidas, hielo, hidratación, repelente, silicona para conexiones eléctricas, clavos y tornillería, herrajes inoxidables, cintas métricas, machetes, lámpara de mano, pilas, un par de walkie-talkies para campo, etc. Respecto a la partida 411 se compró un sensor de humedad de suelo, una placa de flujo de calor y un panel solar (primera etapa). Al final del proyecto hubo un total de \$94,000 no ejercidos (ver sección “Dificultades encontradas durante el proyecto”).

	<u>Código programático</u>	<u>Recursos transferidos</u>	<u>Recursos ejercidos</u>	<u>Saldo</u>
<u>Primera transferencia:</u>				
Código programático	32.02.323.03.411.01	\$55,000.00	\$55,100.71	-\$100.71
Código programático	31.02.323.03.431.05	\$6,000.00	\$5,336.00	\$664.00
Código programático	32.02.323.03.512.07	\$94,000.00	\$-	\$94,000.00
<u>Segunda transferencia:</u>				
Código programático	31.02.323.03.215.07	\$45,000.00	\$45,000.00	\$-
Código programático	31.02.323.03.282.07	\$100,000.00	\$99,999.95	\$0.05
Sumas		\$300,000.00	\$205,436.66	\$94,563.34

Tabla 1. Resumen financiero

Bibliografía

- Baldocchi, D. (2003). Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: Past, present, and future, *Global Change Biol.*, 9, 479-492.
- Caamal-Sosa Juan Pablo, Almonacid-Toledo Américo, Esquivel-Campos Rubén, Sánchez-Mejía Zulia, Uuh-Sonda Jorge M., Herrera-Silveira Jorge, Ramírez-Ramírez Gustavo, Valles-Molina Nubia Carol, Figueroa-Espinoza Bernardo, "Proyecto de Conservación Voluntaria y Mitigación Natural del Cambio Climático en el Ejido Sisal, Yucatán", XII Simposio Internacional del Carbono en México, Monterrey, N.L. (2021)
- Herrera-Silveira, Jorge A., Monica A. Pech-Cardenas, Sara M. Morales-Ojeda, Siuling Cinco-Castro, Andrea Camacho-Rico, Juan P. Caamal Sosa, Juan E. Mendoza-Martinez, Eunice Y. Pech-Poot, Jorge Montero, and Claudia Teutli-Hernandez. "Blue carbon of Mexico, carbon stocks and fluxes: a systematic review." *PeerJ* 8 (2020): e8790.
- Kauffman, J. B., Adame, M. F., Arifanti, V. B., Schile-Beers, L. M., Bernardino, A. F., Bhomia, R. K. & Hernandez Trejo, H. (2020). Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients. *Ecological Monographs*, 90(2), e01405.

Documentos que acompañan este reporte

Los documentos que complementan la información aquí reportada se listan a continuación:

1. Memorias_Resumenes_Cortos-2021.pdf: Memorias del XII Simposio Internacional del Carbono en México, 2021.
2. Resumen_Extenso_PMC_2021.pdf: resumen en extenso del XII Simposio Internacional del Carbono en México, 2021.
3. Reporte actividades Abril 2021.pdf: Reporte de actividades del primer año.
4. JPCaamalReporte Unam_072021.pdf: Reporte y base de datos de las actividades de línea base.
5. Reporte_final_tecnico_cambio_Climatico_Jorge_Uuh.pdf: Reporte de las actividades del Sistema de Eddy Covariance.
6. REPORTE TECNICO PROYECTO EDDY COVARIANCE VERSION EJIDO SISAL.pdf: Reporte Técnico entregado a los Ejidatarios como parte de nuestra Colaboración, informando de los avances del proyecto.
7. Artículo Divulgación.pdf: Artículo de divulgación (In Press) sometido a la gaceta del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC Newsletter).
8. Informe financiero: Informe financiero_Cierre_ 1602_ DR. BFE.xlsx