



Bonos de carbono como propuesta de conservación ambiental, para la microcuenca del Ejido la Laguna OM en Quintana Roo, México

Carbon bonds as a proposal for environmental conservation for the micro-watershed Ejido la Laguna OM in Quintana Roo, Mexico

Juan Ricardo Cruz-Aviña^{1,2,5}, René David Dzul-Ramírez², Jhoana Díaz-Larrea³, Elsa I.

Castañeda-Roldán⁴, Yessica Lyssete Cruz-Díaz⁵, Rubén Cabrera^{6*}

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Medicina de la Conservación, Departamento de Fauna Silvestre, Km. 7.5 Carretera Cañada Morelos, El Salado, Tecamachalco, C.P. 75470, Puebla, México.

²Universidad Tecnológica Calakmul (UTC), Departamento de Recursos Naturales, Carr Xpujil-Dzibalchen, Km. 2+260, Xpujil, Calakmul, CP 24640, Campeche, México.

³Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Hidrobiología, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México, CP 09340. México.

⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Av. San Claudio s/n, Col San Manuel, CP.72592, Puebla, México.

⁵ Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Posgrado en Educación Ambiental, San Lorenzo 290, esq. Roberto Gayol, Col. Del Valle Sur, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México, C.P. 03100. México.

⁶Gabinete de Arqueología, Oficina del Historiador de la Ciudad, Habana Vieja, Cuba. Calle Tacón # 12 e/ O'Reilly y Empedrado, Ciudad de La Habana, Cuba.

* cabreraalgas@gmail.com

(recibido/received: 12-abril-2022; aceptado/accepted: 29-mayo-2022)

RESUMEN

Los bonos de carbono son una herramienta de gestión que se está implementado de forma global para reducir las emisiones de CO₂ al ambiente, esto a través de protocolos de conservación de bosques, suelo y agua. Forma parte toral de los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kioto para la reducción del calentamiento global. Por su parte el estado de Quintana Roo es pionero en la incursión de bonos de carbono a nivel microcuenca, y en donde el turismo sustentable se está consolidado como actividad preponderante catapultado por el efecto derrama del Megaproyecto Tren Maya, sin embargo; la falta o inadecuada planeación ambiental, podría producir efectos deletéreos. En este sentido se han destinado mediante acuerdo de asamblea en 2019 (35 mil Ha) de bosque tropical como ANP. Con el apoyo técnico

de especialistas (UTCalakmul) se estimó la biomasa total, el almacenamiento y fijación de carbono en PF Y SAF como indicador de mitigación conforme IPCC. Se midió la altura total y el DAP de los árboles con $DAP \geq 10$ cm y el D30 en el caso de árboles maderables. La BA se estimó empleando métodos alométricos y con factores de expansión de biomasa. La tasa de Fijación promedio fue de 5.9 t C/ha/año y las PF almacenaron hasta 70 t C/ha. La participación del ejido en cuidar el bosque suelo y agua en colaboración con ONGS desarrolló la emisión de los bonos al 15 de agosto del 2021. Los resultados obtenidos demuestran la importancia de estos mecanismos para el fomento de conservación de suelo, agua y bosque en Quintana Roo. Y que la participación integral en proyectos comunitarios por parte de Académicos, ONG'S y comunitarios es viable y factible.

Palabras clave: Cambio Climático, Conservación Suelo y Agua, Cuencas Hidrológicas, Tren Maya.

ABSTRACT

Carbon bonds are a management tool that is being implemented globally to reduce CO₂ emissions into the environment, through forest, soil and water conservation protocols. It forms a main part of the commitments made in the Kyoto Protocol to reduce global warming. For its part, the state of Quintana Roo is a pioneer in the incursion of carbon bonds at the micro-basin level, and where sustainable tourism is consolidated as a preponderant activity catapulted by the spill over effect of the Mayan Train Megaproject, however; the lack or inadequate environmental planning could produce deleterious effects. In this sense, they have been allocated by assembly agreement in 2019 (35 thousand Ha) of tropical forest as ANP. With the technical support of specialists (UTCalakmul), the total biomass, carbon storage and fixation in PF and SAF were estimated as a mitigation indicator according to IPCC. Total height and DBH of trees with $DBH \geq 10$ cm and D30 in the case of timber trees were measured. BA was estimated using allometric methods and with biomass expansion factors. The average fixation rate was 5.9 t C/ha/year and the FPs stored up to 70 t C/ha. The participation of the ejido in caring for the forest, soil and water in collaboration with NGOs led to the issuance of the bonds as of August 15, 2021. The results obtained demonstrate the importance of these mechanisms for the promotion of soil, water and forest conservation in Quintana Roo. And that the integral participation in community projects by academics, NGOs and community members is viable and feasible.

Keywords: Climate Change, Soil and Water Conservation, Hydrological Basins, Mayan Train.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) ha generado importantes cambios climáticos, lo cual ha suscitado gran atención internacional. Los GEI que deben limitarse o reducirse son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2021), el efecto directo de las emisiones de GEI es el aumento de la temperatura de la tierra entre $0,6 \pm 0,2$ °C en los últimos 100 años; además se han alcanzado límites amenazantes en lo ambiental, social y económico. Las proyecciones indican que los costos de las acciones para combatir el cambio climático serían menores que los incurridos si estas no fuesen realizadas. Con base en el último informe de actualización del (IPCC) se detalla que la temperatura anual aumentaría 1.5°C durante los próximos 20 años (IPCC, 2021), esta situación antepone una serie de retos actuales y futuros que tienen como objetivo alcanzar una justicia climática a nivel internacional.

Ante esta situación se han implementado instrumentos de carácter internacional basadas en estándares como es el Protocolo de Kioto en 1997 para reducir las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, y recientemente el Acuerdo de Paris ratificado en 2016 cuyo objetivo es: reducir las emisiones basadas en una transformación económica, social, ambiental y cultural para lograr bajas emisiones de carbono y

generar nuevas aperturas a mercados internacionales, buscando una meta de “cero emisiones” o “neutralidad de carbono” mediante diferentes mecanismos de compensación, siendo los Bonos de Carbono uno de ellos (SEMARNAT, 2021; González-Eguino, 2011).

Los Bonos de Carbono tienen como objetivo, reducir las emisiones de CO₂ a través de sumideros de carbono como son los bosques, selvas y manglares y que; a su vez, ayuden a conservar los diferentes ecosistemas terrestres y acuáticos fomentando el desarrollo sostenible y la participación social en sus diferentes niveles que contribuyen a una alineación social, ambiental y económica, generando beneficios a las comunidades locales, (SEMARNAT, 2021; Sánchez *et al.*, 1991).

Este mecanismo de compensación conlleva un proceso en donde intervienen de manera directa las comunidades, entidades gubernamentales, organismos no gubernamentales y sector privado que buscan implementar el desarrollo de Proyectos de Carbono cuyas actividades principales son: definición del área del proyecto, establecimiento de la línea base, acciones de monitoreo, registro, verificación, transacción y emisión de las toneladas de CO₂ (SEMARNAT, 2021; MéxicoCO₂, 2019; Álvarez, 1987). Los Proyectos de Carbono Forestal pueden ser impulsados por dueños privados de hectáreas de cobertura forestal, ejidos o comunidades que hayan sido aprobados en acta de asamblea, así mismo se deben tomar en cuenta algunas consideraciones: El Dueño Forestal o el Ejido/Comunidad son los dueños de los Bonos de Carbono emitidos al finalizar el proyecto, por lo regular este tipo de proyectos tiene una duración mínima de 30 años, se deben realizar actividades constantes que permitan aumentar los acervos de carbono como son acciones de conservación, reforestación, aforestación y mejoras en el manejo forestal, y deben generarse acciones de cumplimiento de los Salvaguardas Ambientales y Sociales que tienen como objetivo lograr la transparencia, participación y gobernanza de las comunidades que estén dentro o sean parte del área de influencia donde se desarrollará el proyecto (Margarito, 2004; FAO, 1999; RAN-INEGI, 1997).

Para que los Proyectos de Carbono Forestal puedan emitir Bonos de Carbono Certificados, estos deben ser sometidos a un proceso de verificación realizado por un tercer organismo que cuente con las certificaciones internacionales y nacionales vigentes, el cual realiza diferentes actividades en sitio y escritorio para asegurar que la cantidad de toneladas de captura de carbono durante el periodo establecido sean las correctas para ser emitidas al mercado, por lo cual 1 tonelada capturada de CO₂ es igual a un Bono de Carbono que es vendido al comprador final, (Elbroch *et al.*, 2011). Las toneladas de CO₂ emitidas que tienen un valor dentro del mercado regulado o voluntario, son aquellas que cuentan con una certificación bajo algún estándar o metodología reconocida, como es el caso de los MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio, *Climate Action Reserve* (CAR) que cuenta con un Protocolo Forestal para México (PFMex), *Verified Carbon Standard* (VERRA) con reconocimiento internacional y *South Pole* (Bello *et al.*, 1996).

Desde el año 2000, este tipo de proyectos formaban parte del Mercado Voluntario de Carbono, en donde las empresas podían compensar la emisión de Gases de Efecto Invernadero de manera voluntaria para compensar su huella de carbono, sin embargo en el año 2017 se alcanzaron números históricos de emisión de CO₂, por lo que fue necesario tomar medidas drásticas, mediante la implementación de un mercado regulado de carbono llamado “Programa de Prueba del Sistema de Comercio de Emisiones” (SCE) impulsado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), bajo el respaldo jurídico de la Ley General de Cambio Climático y el Acuerdo de París (SEMARNAT 2021). En el Sistema de Comercio de Emisiones, participan aquellas industrias, empresas u organizaciones de los sectores de energía e industria cuyas emisiones anuales sean iguales o mayores a cien mil toneladas de emisiones directas de CO₂, en donde el funcionamiento del SCE se basa en el alcance, tope, transacciones de emisión, y mecanismos de compensación como son los bonos de carbono (MÉXICO₂, 2019), por ejemplo una industria emite 25 mil toneladas de CO₂ a la atmósfera de manera anual, puede compensar sus emisiones comprando 25 mil bonos de carbono certificados para compensar el impacto ambiental y

lograr el cumplimiento del marco regulatorio nacional e internacional (GEF-SGP, 2012; García-Amado *et al.*, 2011).

Los beneficios del Desarrollo de Proyectos de Carbono y su incursión dentro del mercado de carbono regulado, va más allá de una forma de compensación establecida a nivel internacional, por lo cual es posible generar una reducción en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), reducir riesgos directos a nivel internacional y generar acciones de conservación impulsadas por las comunidades, ejidos y dueños forestales, ya que la captura de carbono en bosques, selvas y manglares permite impulsar programas de inversión para proyectos en diferentes regiones de Latinoamérica como una nueva oportunidad de desarrollo en el cual se mantenga la autonomía de las comunidades y ejidos, como es el caso del Ejido de Laguna Om, que tiene como objetivo impulsar este tipo de proyecto a nivel local. El Ejido pretende desarrollar un Proyecto de Carbono Forestal como mecanismo de gestión para recuperar zonas pertenecientes de selva, en el cual participen organizaciones como el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), ONG y academia para establecer acciones de vigilancia como parte del monitoreo para evitar la caza furtiva, la deforestación, conservar la biodiversidad y mejorar las formas de vida locales a partir de la creación de nuevas fuentes de empleo.

Las primeras 15 familias que se asentaron en las tierras que hoy son parte del ejido Laguna Om, llegaron en la década de los años cuarenta. El lugar fue un campamento chiclero; los hombres buscaban los árboles de zapote para hacerle heridas en su corteza y recolectar la resina que después vendían a las empresas que la transforman en chicle. La población creció conforme fueron llegando familias de Veracruz, Tabasco y otras regiones del sureste del país que andaban en busca de tierras para sembrar. Después de la fiebre del chicle, la explotación de madera fue la actividad que predominó, (Anónimo, 1985; Barrera, 1982; Anónimo, 1980). Fue tal el auge de la venta de caoba y cedro, sobre todo entre los años 60 y 80, que el ejido tenía dos aserraderos. Uno de ellos se perdió durante un incendio y el otro funcionó hasta mediados de la década de los ochenta, cuando los ejidatarios ya habían tumbado buena parte de los árboles con valor comercial. Cuando en Laguna OM decayó la actividad maderera, algunos de los ejidos vecinos se integraron al Plan Piloto Forestal de Quintana Roo, impulsado a partir de 1983 por una cooperación entre México y Alemania; entre sus objetivos estaba brindar apoyo técnico a las comunidades para que realizaran manejo forestal sustentable. Durante casi 20 años, los ejidatarios de Laguna OM tuvieron una veda para el aprovechamiento forestal. Eso permitió que su bosque se recuperara. Ahora que consiguieron el certificado de Área Destinada Voluntariamente a la Conservación, entre sus planes está realizar manejo forestal comunitario. No quieren repetir los errores del pasado, (Elbroch, 2011; Gil-Corrales, 2007; Frazier, 2006; Dachary & Arnaiz -Burne, 1989; Barrera, 1982).

2. MATERIAL Y MÉTODO

Descripción área de estudio

El Ejido de Laguna Om (ELO) se localiza en el municipio de Othón P. Blanco, Estado de Quintana Roo, (**Figura 1**) casi en la frontera con el estado de Campeche es parte de un corredor natural entre dos grandes reservas de la biosfera (Sian-Ka'an y Calakmul), (**Figura 1**). La población actual es de 3,650 personas, de las cuales 2,117 fueron registrados como nativos y 1,533 como colonos (INEGI, 2015, 1993 y 1985) cuenta actualmente con 75 mil hectáreas con cobertura forestal y que forma parte integral de la selva maya. El relieve es plano con un microrelieve ondulado, con amplias depresiones que abrigan pequeñas llanuras, el ejido tiene una altitud que varía entre 100 y 150 metros sobre el nivel del mar. El clima que predomina en ELO, es de tipo: Aw (x') i, es decir cálido subhúmedo, con lluvias en verano y parte de invierno (Araújo-Santana *et al.*, 2013; García, 1987). La estación climatológica ubicada en la parte centro-sur del ELO reporta 1290 mm anuales de precipitación temperatura media anual de 26°C (Gil-Corrales, 2007; Anda, 1986; Barrera, 1982).

ELO se ubica en la formación geológica de mayor antigüedad denominada “*Peten*”, la cual pertenece al periodo paleoceno-eoceno (Álvarez, 1987). Se caracteriza por tener rocas calizas masivas compactas macro y microcristalinas, de color que va del amarillo al blanco, en partes manchadas de color café por óxido de hierro (Cortina *et al.*, 1999). ELO presenta escorrentías, que en épocas de lluvia tiene su afluencia, la cual desemboca en el río hondo “*Ucum*”. Esta corriente representa una alternativa en el uso ganadero. También presenta una laguna denominada “*Chacanbacab*”. En ELO, se presenta la selva mediana subperennifolia, la cual está dominada por las siguientes especies arbóreas: Cedro (*Cedrela odorat* Linneo), Caoba (*Swietenia macrophylla* King.), Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), Zapote (*Manilkara zapota* (L.) Van Royen), Negrito (*Simarouba glauca* DC.). Este tipo de vegetación es la que ha sido perturbada por el aprovechamiento selectivo y por la agricultura tradicional de roza-tumba-quema. También, se presentan selvas bajas, la cual está conformada por los siguientes elementos: Catzín (*Mimosa bahamensis* Benth.), Boob (*Coccoloba spicata* Lundell), y varios tipos de cocolobas. Por lo regular se inundan en la temporada de lluvias (Macario, 1997; Macario *et al.*, 1992).

De acuerdo a estudios científicos, hay aproximadamente 150 especies de árboles, nueve de las cuales están en alguna categoría de riesgo, según la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010, y en la región existen 21 especies de mamíferos algunos son especies en riesgo, como el jaguar, tapir, armadillo, faisán o jabalí (INEGI, 2015; Margarito, 2004; INEGI 1993). Se considera además que Laguna Om tiene un importante papel en los procesos ecosistémicos por ser un “corredor” para las poblaciones de flora y fauna de la región además de ser un reservorio importante de carbono (Sánchez *et al.*, 2001).

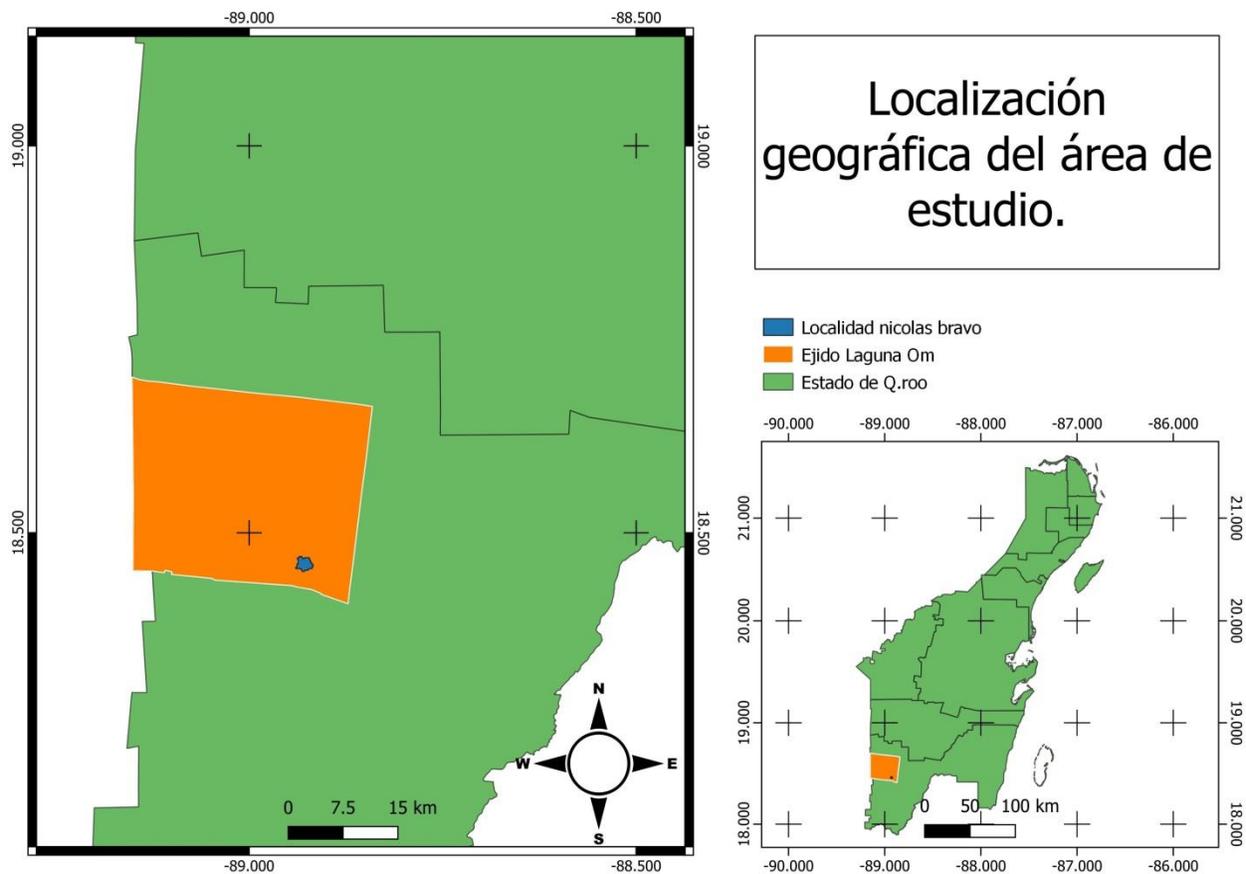


Figura 1. Localización geográfica, Ejido de Om (ELO) en el municipio de Othón P. Blanco, Estado de Quintana Roo, cuenta actualmente con 75 mil hectáreas con cobertura forestal.

Estructura vertical de la vegetación

La estructura vertical en una comunidad vegetal se refiere a la estratificación en el dosel y se basa en los diferentes niveles de competencia, principalmente por luz. Esto es, en una comunidad los individuos más altos no pueden estar en el mismo nivel de competencia que aquellos individuos de menor tamaño que se desarrollan debajo de los primeros. La distribución de los individuos respecto a su altura nos da la pauta para la clasificación de los estratos. Un estrato es un intervalo arbitrario de altura en el que un grupo de individuos están compartiendo o compitiendo por el mismo recurso. Esta estratificación es mucho más compleja en la zona tropical por la gran diversidad y heterogeneidad de las formas de vida presentes, en función de las condiciones ambientales y micro ambientales que se presentan (Mass *et al.*, 2018). Por tales razones la estratificación vertical en las comunidades vegetales de las zonas tropicales es difícil y obedece a criterios arbitrarios de quienes la realizan. En este sentido se utilizaron 10 parcelas temporales de muestreo (PTM) distribuidas en los dos sistemas de uso del suelo evaluados. El tamaño de las PTM se definió siguiendo la metodología propuesta de MacDicken (1997). El número de PTM establecidas por sistema dependió del área total y del tamaño de la PTM respectivo.

Área basal

Para determinar el carbono (C) acumulado en la biomasa de las áreas de bosques naturales (primarios y secundarios) y de plantaciones forestales, primero se calculó el volumen maderable. Para ello se determina el área basal en cada una de las unidades muestrales. El área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales (área del tronco a 1,30 m de altura) de todos los árboles con un diámetro mayor a 10 cm existentes en una hectárea (y se expresa en m^2/ha).

El área basal total (ABT) de una comunidad vegetal es la sumatoria del área transversal que cubre cada tallo en una superficie dada. El área basal total de una comunidad vegetal es la sumatoria del área transversal que cubre cada tallo en una superficie dada (**Figura 2**).

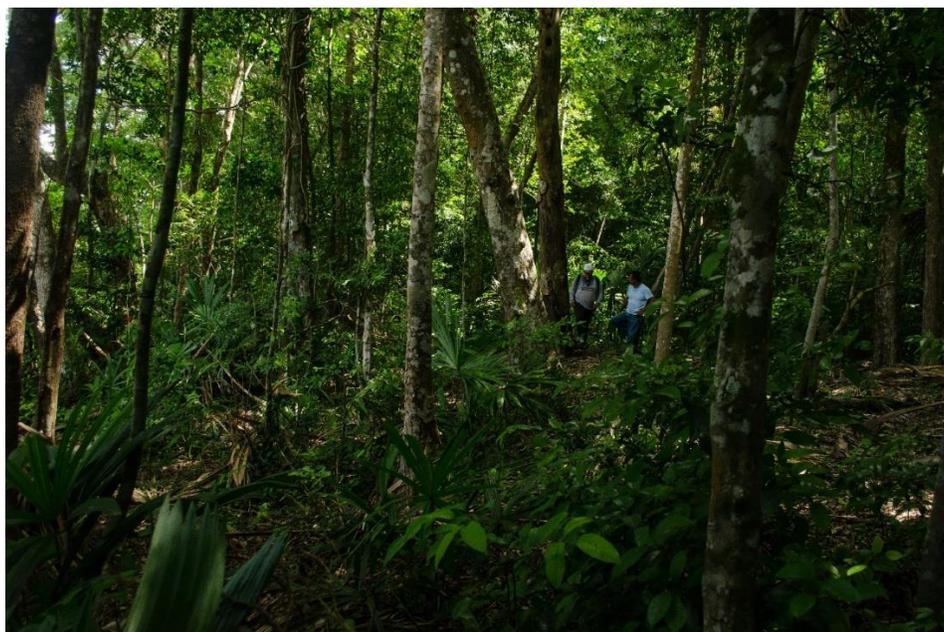


Figura 2. El área basal total de una comunidad vegetal (ABT) es la sumatoria del área transversal que cubre cada tallo. El análisis consigna $2.3793 m^2$ que indica una comunidad en pleno crecimiento, la especie Ramón (*B. alicastrum* Sw.) aporta al total un $1.109 m^2$ lo que refleja la abundancia de esta especie, como puede apreciarse en la figura.

Se midió el diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con DAP > 10 cm y el diámetro a 30 cm de altura (D30) y la altura total (HT), La BA se estimó empleando métodos alométricos y con factores de expansión de biomasa. La tasa de Fijación promedio fue de 5.9 t C/ha/año y las PF almacenaron hasta 70 t C/ha (**Figura 3**).

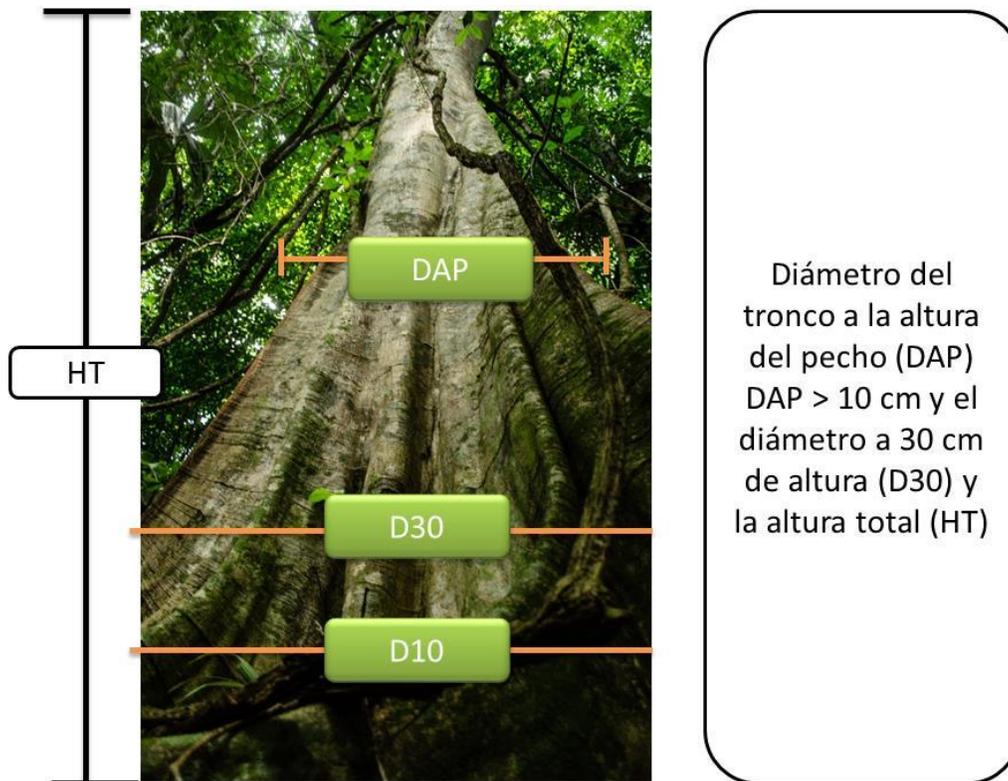


Figura 3. Variables Dasométricas, diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con DAP > 10 cm y el diámetro a 30 cm de altura (D30) y la altura total (HT).

Una vez colectada la información de las variables dasométricas, se estimó la biomasa en la literatura (**Tabla 1**). Estos modelos se seleccionaron por especie, género, familia y en casos aislados por zona de vida. En caso de no reportarse modelos para alguna especie, se estimó el volumen del fuste y la biomasa empleando el factor de expansión de biomasa (FEB) (Segura & Kanninen, 2002) y la gravedad específica, la cual fue tomada de lo reportado por Arévalo & Londoño (2006) para especies comercializadas. El carbono se estimó al multiplicar la biomasa total por la fracción de carbono de 0,5 valor estándar recomendado por el IPCC (2021). La tasa de fijación de carbono promedio se calculó dividiendo el almacenamiento de carbono en biomasa total entre la edad del componente leñoso. A su vez, el carbono se transformó en CO₂ al multiplicarse por el factor estequiométrico de 3,67 (IPCC, 2021). Estos modelos se seleccionaron por especie, género, familia y en casos aislados por zona de vida. En caso de no reportarse modelos para alguna especie, se estimó el volumen del fuste y la biomasa empleando el factor de expansión de biomasa (FEB) (Segura, Kanninen y Suarez, 2006) y la gravedad específica, la cual fue tomada de lo reportado por Arévalo & Londoño (2006) para especies comercializadas en Quintana Roo y la base de datos de *Global Wood Density*. En el caso de no reportarse la densidad de madera para una especie en particular, se empleó un promedio de las densidades existentes en el área de estudio. Posteriormente, se estimó la biomasa abajo del suelo usando la ecuación de Cairns *et al.*, (1997) y recomendada por el IPCC (2021), la cual se puede aplicar a bosques tropicales como sigue:

$$Br = e^{(-1.0587 + 0.8836 * \ln)}$$

Dónde:

Br: Biomasa de raíces (Mg ha^{-1})

Ba: Biomasa aérea total (Mg ha^{-1}).

Abordaje comunitario

Para la este estudio se aplicó una metodología mixta.

Por un lado, se llevó a cabo una línea de tiempo con la intención de capturar eventos, actores, relaciones, mecanismos y espacios de participación. Esto se hizo a través de una intervención comunitaria a través de un “*focus group*” con 50 ejidatarios directamente relacionados con las iniciativas de conservación. Posteriormente, se llevó a cabo una entrevista grupal con segmentos de 5 ejidatarios por equipo encargados de las iniciativas de conservación comunitaria. (**Figura 4**)



Figura 4. Reuniones y eventos de gestión comunitaria. A) En primer plano, René David Dzul-Ramírez presidente de guardia comunitaria, quien indica el sitio donde se ha de realizar las reuniones. B) Reunión donde reconocen al Ejido de Om como área de conservación voluntaria. Norma completa en: <https://alcanzandoelconocimiento.com/reconocen-al-ejido-laguna-om-como-area-de-conservacion-voluntaria/>

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Área basal

En cuanto a este parámetro, el análisis de los datos consigna un total de 2.3793 m² lo que indica una comunidad en pleno crecimiento, la especie Ramón (*B. alicastrum*; Sw.) aporta al total un 1.109 m² lo que refleja la abundancia de esta especie, para mayores detalles de área basal por especie.

Fijación de Carbono

Los sistemas agroforestales (SAF) que incluyen especies maderables con 143,2 (±39,7) Mg ha⁻¹ (**Tabla 1**). En ambos casos, la biomasa abajo del suelo (BAS) correspondió al 17% del total.

En contraste Loaiza et al., 2016 reportan entre 53,8 y 527,8 Mg ha⁻¹ de biomasa aérea total para plantaciones de *H. brasiliensis* a diferentes edades, observando diferencias en el almacenamiento de carbono, dependiendo su ciclo de crecimiento y desarrollo en diámetro y altura. Marín, Andrade y Sandoval (2016) encontraron una biomasa total de 122 y 72,5 Mg ha⁻¹ para SAF que incluyen especies maderables con frutales y SAF con solo frutales, respectivamente.

Abundancia relativa

En la Parcela de muestreo temporal (PMT) se obtuvo de abundancia total 1,285 N. ha⁻¹, las especies que registraron mayores aportaciones en abundancia relativa fueron *Piscidia piscipula* con el 34.24 % seguida por *Caesalpinia gaumeri* representando el 9.26% y 7.94% de *Bursera simaruba*. Por otra parte, el área de regeneración presentó 1,181 N. ha⁻¹; la especie *Piscidia piscipula* indicó el 21.94%, después las especies por debajo de esta son: *Lonchocarpus xuul* con el 8.27% y el 7.31 % por parte de *Coccoloba cozumelensis*.

Por último, el sitio de conservación mostró ser el más abundante con 1,563 N. ha⁻¹ respecto a las áreas anteriores. La especie *Piscidia piscipula* fue la más abundante representando el 19.37% del total, las especies que le siguen son: *Caesalpinia gaumeri* y *Bursera simaruba* teniendo valores de 9.03 y 7.70%. Estos valores obtenidos indican tener rangos similares a los determinados por Zamora-Crescencio *et al.*, (2008) en 9 sitios con una vegetación tipo selva mediana subcaducifolia en el municipio de Tzucacab localizado al sur del estado de Yucatán, las especies más representativas fueron *B. simaruba*, *C. reflexifolius*, *D. cuneata* y *G. lucida*, pero si se toma en cuenta los valores más altos de cada sitio por especie resulta para *B. simaruba* el 13.17%, *C. reflexifolius* con 22.01%, *D. cuneata* el 17.60% y *G. lucida* 43.22%, estos valores son mayores a los descritos en este trabajo; en otro estudio realizado por Zamora-Crescencio *et al.*, (2017) al evaluar los parámetros estructurales de la selva mediana subperennifolia en el ejido Bethania, municipio de Campeche resultaron que son menores a los expuestos anteriormente, tomando como ejemplo, *P. piscipula* representa el 1.40% mientras que *C. cozumelensis* tan solo el 3.50%. Por otra parte, Chan (2010) analizó la estructura y composición florística del ejido Nuevo Conhuás en la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC) después del uso agrícola roza-tumba-quema demostrando que para la especie *P. piscipula* con edad de 4-6 años mostró de abundancia el 3.69%, con 14-16 años el 10.18% y a los 19-21 años el 6.51% siendo estos menores a los reportados en este estudio. Del mismo modo tomando como ejemplo a *B. simaruba* en el mismo orden de años expresó mayores valores tales como 16.77, 12.95 y 10.68% a los presentados en este trabajo.

Tabla 1.- Estimación de biomasa y carbono almacenado por hectárea en Toneladas Brutas (Ton B) y Toneladas de Carbono (Ton C) por especie arbórea en el Ejido de Om, Municipio de Othon Blanco, Quintana Roo, México.

Especies	Ton B ha⁻¹	Ton C ha⁻¹
<i>Piacidia piscipula</i>	47.99	24.00
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	44.75	22.37
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	22.57	11.29
<i>Vitex gaumeri</i>	8.48	4.24
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	5.52	2.76
<i>Bursera simaruba</i>	5.42	2.71
<i>Luehea speciosa</i>	3.38	1.69
<i>Lonchocarpus xuul</i>	2.72	1.36
<i>Platymiscium yucatanum</i>	2.28	1.14
<i>Guettarda combsii</i>	2.26	1.13
<i>Pithecellobium albicans</i>	1.84	0.92
<i>Gymnopodium floribundum</i>	1.80	0.90
<i>Cascabela gaumeri</i>	1.42	0.71
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1.40	0.70
<i>Hamelia patens</i>	1.30	0.65
<i>Psidium sartorianum</i>	1.09	0.54
<i>Diospyros cuneata</i>	1.01	0.50
<i>Pouteria unilocularis</i>	1.01	0.50
<i>Metopium brownei</i>	0.91	0.46
<i>Cordia dodecandra</i>	0.90	0.45
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.86	0.43
<i>Bauhinia variegata</i>	0.85	0.43
<i>Zuelania guidonia</i>	0.79	0.40

Programa de intervención comunitaria

Mucho se ha discutido en los últimos años sobre cuáles son los enfoques de política más efectivos para conservar los recursos naturales (Cairns *et al.*, 1997). Dentro de esa lógica de discusión es que se han ido redefiniendo los objetivos mismos de la conservación y la manera de cómo hacerlos efectivos. En México, esta trayectoria ha pasado del enfoque de protección estricta de las áreas protegidas (Brenner, 2010; Chapin, 2004) a la implementación de los proyectos que integraban tanto la conservación como el desarrollo de las comunidades, para finalmente implementar instrumentos de conservación basados en el mercado (Gil-Corrales, 2007). Aunque no de manera tan lineal, pero este mismo camino es el que ha recorrido ELO en su experiencia de conservación. Como se describió a lo largo de este trabajo, durante las últimas dos décadas, ELO ha experimentado varios enfoques de manejo para la conservación de sus bosques. Esto ha significado conocer las ventajas y desventajas de cada esquema de conservación. Desde 1980, los ejidatarios de ELO han estado en relación, aunque no de una manera activa, en la creación y diseño de la Reserva Natural, un típico enfoque vertical de conservación (Macario, 2003; Cortina *et al.*, 1996, Macario *et al.*, 1992).

Las políticas de colonización y el desarrollo de la infraestructura para atraer el turismo, así como una inmigración espontánea de la población, en especial del estado de Yucatán, han hecho de Quintana Roo un estado con tasas de crecimiento poblacional muy por encima de la media nacional. Dicho crecimiento ha sido más acelerado en las ciudades, pero no deja de ser importante en el campo, donde han aparecido asentamientos irregulares a lo largo de las vías de comunicación y en las cercanías del límite con Yucatán

(Gil-Corrales, 2007; Barrera, 1982). El resultado de esta situación ha afectado las áreas arboladas de Quintana Roo, en el último cuarto del milenio, al grado que el Gobierno Federal, Estatal y Municipal, Organizaciones no Gubernamentales (ONG) y Organismos Internacionales con la participación de la población local, han puesto en marcha programas tendientes a disminuir el impacto de las actividades productivas de la población sobre las áreas arboladas. Algunos ejemplos son: el Decreto de la Reserva de la Biosfera “Sian Ka’an”, el Plan Piloto Forestal (PPF), Programa de Reforestación, Sedentarización de la Agricultura Tradicional (*Pet-pach*), Programa de Desarrollo Forestal, y el Corredor Biológico Sian Ka’an-Calakmul, entre otros (Araújo-Santana *et al.*, 2013; Arsel & Büscher, 2012; Andrews, 1984).

La vegetación secundaria actual resultado del uso agropecuario sólo se le da el valor agrícola (mediante el barbecho), el cual aumenta a medida que el tiempo de barbecho es mayor (Barbier, 2010; Bray *et al.*, 2004). Sin embargo, en estas comunidades vegetales podría haber un potencial de especies útiles que, al permitirle su recuperación, evitaría su tala de nuevo e interviniéndolas mediante una “sucesión dirigida” o “enriquecimiento”, podrían llegar en el futuro a ser selvas con valor económico para el uso forestal. (GEF-SGP, 2012). En lo que se refiere a Laguna Om, se refiere que durante el periodo de 1975-1998, la disminución neta del área de selva fue de 6,265 hectáreas, esto es, un promedio de 272.4 hectáreas por año, lo cual corresponde a 10.1% de reducción del área de selva en 23 años. La tasa de deforestación anual fue de 0.46% (Chapin, 2004; Macario, 2003).

Una de las alternativas para revertir el proceso de la deforestación es el restablecimiento de zonas invadidas por el helecho (*Pteridium aquilinum*), lo cual se ha ido dando mediante plantaciones forestales, y cultivos agrícolas; esta especie ha infestado muchas hectáreas, de las cuales podrían ser utilizadas para muchas actividades que se realizan cotidianamente (Cullen *et al.*, 2008).

Uno de los primeros retos fue explicar a los ejidatarios qué es el secuestro de carbono y su importancia con respecto al cambio climático, lo cual implicó explicar qué es el cambio climático y sus principales causas y su importancia con respecto al cambio climático, lo cual implicó explicar qué es el cambio climático. El segundo autor de este trabajo proporcionó esta información con la ayuda del sector académico (UTC) a través de talleres participativos con los ejidatarios.

Durante estos talleres, el ejido exploró la viabilidad de un esquema de secuestro de carbono, que en ese momento era una de las posibilidades del programa federal y con apoyos laterales de ONG’S, y el área en donde el proyecto pudiera ser desarrollado. Se aprobó en la Asamblea, y se comenzó el proceso de planeación y factibilidad del proyecto. Una de las primeras actividades realizadas fue el estudio de viabilidad, que fue financiado por Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la (UNESCO), seguido de la determinación de las posibles áreas donde el proyecto pudiera desarrollarse. Posteriormente en otra reunión los 486 ejidatarios de Laguna Om discutieron la posibilidad de que buena parte del territorio comunitario se nombrara zona protegida, que ya no se permitiera avanzar la frontera agrícola y ganadera. Algunos reconocen que se oponían por temor a que el gobierno expropiara sus tierras.

En una asamblea se votó la propuesta. La mayoría aceptó que parte de sus tierras se declararan área de conservación. Fue entonces que comenzaron los trámites ante la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). A principios de noviembre de 2019, los ejidatarios recibieron el documento que certifica que 35 mil hectáreas de su territorio tienen la categoría de Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC), se trata de la segunda más grande en México. La primera, con 50 mil hectáreas, está en el ejido de Nuevo Bécál, en Campeche. (CONANP-SEMARNAT, 2015; Danielsen *et al.*, 2007; Dachary *et al.*, 1989). Las ADVC son reconocidas por la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente desde 2008. A partir de entonces, y hasta la primera semana de marzo de este año, se han certificado 365 áreas en todo el país y hay en espera de dictamen 79 solicitudes más, explica César Sánchez Ibarra, director general de conservación para el desarrollo de la CONANP. El 90 % de las ADVC se encuentran en terrenos comunitarios; el resto son propiedades privadas o públicas. Para solicitar un

certificado, Sánchez Ibarra explica que es necesario presentar, entre otras cosas, una estrategia de manejo que garantice que la riqueza biológica del área será conservada (CONANP-SEMARNAT, 2015).

En el Programa de Manejo Forestal del ejido se especifica que de las 35 mil hectáreas que fueron destinadas a la conservación solo se realizará aprovechamiento en 7200; el resto quedará como “área forestal de carácter permanente”; es decir, esa zona no se va a tocar. Y la intención de poner en marcha un proyecto de secuestro de carbono y así recuperar zonas de selva del ejido, conservar otras áreas y generar fuentes de empleo e ingresos para los pobladores locales. A través de la creación de esta reserva, el ejido ha recibido importantes apoyos, como por ejemplo el del Programa de Pequeñas Donaciones del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con el que se hizo una torre de vigilancia para incendios, senderos y letreros informativos del área. En el año 2010, MKK fue la primera ADVC registrada por parte de la CONANP en la península de Yucatán. Una vez creada la reserva, algunos miembros de la comunidad fueron entrenados como monitores. Hoy en día, la gente local a cargo de la reserva monitorea el agua y la biodiversidad del área.

Para el agua, la comunidad está usando la metodología del “*Global Water Watch*”; para la vegetación, la comunidad estableció dieciséis sitios de muestreo permanentes; y para la biodiversidad, cámaras y otros dispositivos fueron utilizados. De acuerdo con estudios locales, la reserva comunitaria protege el hábitat de muchas especies de plantas y animales, de los cuales 23 se encuentran en estado de protección internacional o en desaparición rápida (Carrillo-Puerto, 2009). Conservando a través del Mercado.

El Proyecto piloto de bonos de Carbono

El proyecto piloto de secuestro de carbono de FCP (PPSC) ha sido notable en el sentido de la estimulación de procesos e iniciativas de conservación comunitaria en ELO. El PPSC es uno de los pocos proyectos de secuestro de carbono (PSC) que existen en México; los otros se localizan en estados como Oaxaca, Querétaro, Chiapas y Tabasco. En todos los casos, las comunidades junto con ONG y el sector académico han implementado los proyectos. El objetivo del PPSC ha sido generar una forma alternativa de financiar las actividades relacionadas con la conservación de la selva explorando los mercados de carbono. Particularmente, a través de este proyecto buscan evitar la deforestación, restaurar su selva y encontrar formas de mejorar las condiciones de vida de la comunidad identificando y desarrollando nuevas fuentes de ingreso y empleo (Elbroch *et al.*, 2011; Danielsen *et al.*, 2007; Frazier, 2006; Faust, 2001).

La idea rectora del proyecto ha sido vender bonos de carbono de la reforestación y otras actividades en el mercado voluntario. Tal vez sin la intención de hacerlo, pero como un proyecto piloto, el PPSC ha desarrollado metodologías y generado conocimiento que han sido útiles para el desarrollo de otros proyectos de secuestro de carbono en la región (GEF-SGP, 2012). En FCP, casi todas las estrategias de conservación han sido construidas alrededor de este proyecto. La idea de tener un PSC vino directamente del Comisariado de Bienes Ejidales. ELO también tiene un convenio con científicos de la Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar, quienes desarrollan un proyecto de investigación sobre la población de felinos que habita en los alrededores de la Laguna Las Palmas.

5. CONCLUSIÓN

En este estudio se demostró la creación de las áreas destinadas voluntariamente a la conservación a través de bonos de carbono es una estrategia viable ante los esquemas tradicionales de conservación, y la decisión de Laguna Om de destinar voluntariamente 35 mil hectáreas de bosque tropical a la conservación representa el destino de esta área y la esperanza de contribuir a mitigar el cambio climático. Se pretende que el ejido Laguna Om sea pionero en su implementación en dicha entidad, lo cual ocurrirá una vez que se le expida su certificado, el cual tendrá una vigencia de 15 años. Laguna Om es un ejemplo de compromiso ambiental por parte de sus pobladores y de la importancia de formar vínculos entre la

academia, las agencias gubernamentales y la sociedad para avanzar en temas prioritarios como la conservación de procesos ecosistémicos que mantienen la vida en el planeta.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor desea agradecer a la Rectora de la UTC: Irlanda fierros Bojórquez por los apoyos brindados económicos y de gestión para traslados en la comunidad del Ejido Laguna Om.

El segundo autor desea agradecer a sus padres Rene Dvid Dzul Novelo, Sandra Ramírez Talago, a su esposa Esther Cauich Tec y sus hijos Rene David Dzul Cauich y Erick Leonardo Dzul Cauich por los apoyos económico y morales durante sus estudios en al UTCalakmul.

REFERENCIAS

Álvarez A., A. (1987). Perspectivas de la regeneración natural y de plantaciones de enriquecimiento en las áreas de aprovechamiento de los ejidos del Plan Piloto Forestal de Quintana Roo. Ponencia presentada en el Taller Internacional sobre Silvicultura y Manejo de selva, pp 1-9.

Anda G., C. (1986). Quintana Roo, tres casos vivos: selva, vivienda y comunicación. Unión Gráfica. México, D.F. p 203. Anónimo (1969). Inventario forestal de la zona Felipe Carrillo Puerto- Chunhuhub, Quintana Roo. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. Subsecretaría de Agricultura y Ganadería. Publicación Número 22. México, D.F. pp 50.

Andrews, A.P. (1984). The political geography of the Sixteenth Century Yucatan Maya: comments and revisions. *Journal of Anthropological Research*, 40:589-596.

Anónimo. (1980). Ecosistemas de los bosques tropicales. Investigaciones sobre los recursos naturales. UNESCO. Tomo XIV. Madrid, España. p 771.

Anónimo. (1985). Monografía estado de Quintana Roo. Gobierno del estado de Quintana Roo. Chetumal Q.R. p. 172.

Araújo-Santana, M.R.; Parra-Vázquez, M.R.; Salvatierra-Izaba, E.B.; Arceibarra, A.M.; Montagnini, F. (2013). Políticas turísticas, actores sociales y ecoturismo en la península de Yucatán. *Economía, Sociedad y Territorio*, 13(43): 641-674.

Arévalo, R.L.; Londoño, A. (2006). Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima. Recuperado de http://www.ut.edu.co/academi/images/archivos/Fac_Forestal/Documentos/LIBROS/Libro_maderas.pdf

Arsel, M.; Büscher, B. (2012). NatureTM Inc.: changes and continuities in neoliberal conservation and market-based environmental policy. *Development and Change*, 43(1):53-78. [http:// dx.doi.org/10.1111/j.1467-7660.2012.01752.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7660.2012.01752.x)

Bello B., E.; E. Estrada L.; P. Macario M.; B. Schmook.; A. Navarro M. (1996). Ejido X-hazil y Anexos, censo socioeconómico. Informe interno. s/p

Barbier, E.B. (2010). A global green new deal: Rethinking the economic recovery. Cambridge, Cambridge University Press, United Nations Environment Programme, 308 p.

Barrera, A. (1982). Algunos problemas ecológicos regionales yucatanenses de interés para la planificación del manejo y aprovechamiento de recursos bióticos. En: [A. Careaga Ed.] Integración de la Ecología en el Desarrollo. Centro de Investigación de Quintana Roo, (CIQRO) Puerto Morelos. Quintana Roo, México. pp. 172-181.

Bray, D.B.; Ellis, E.A.; Armijo-Canto, N.; Beck, C.T. (2004). The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the 'Mayan Zone' En: Quintana Roo, Mexico. *Land Use Policy*, 21(4):333-346. <http://dx.doi.org/10.1016/j>.

Brenner, L. (2010). Gobernanza ambiental, actores sociales y conflictos en las áreas naturales protegidas mexicanas. *Revista Mexicana de Sociología*, 72(2):283-310. Brundtland, G.H. 1988. Nuestro futuro común. Madrid, Alianza, 464 pp.

Cairns, M.; Brown, S.; Helmer, E.; Baumgardner, G. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecología*, 111 (1), 1-11.

Carrillo -Puerto, E. F. (2009). El proyecto Much Kanan K'aax "Juntos cuidemos la selva". Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, Ejido Felipe Carrillo Puerto, 60 pp.

Chapin, M. (2004). A challenge to conservationists. World Watch Institute, November/December, p. 17-31. CONANP. 2007. Estrategia nacional para un desarrollo sustentable del turismo y la recreación en áreas naturales protegidas de México. México DF,

CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas] (2015). Áreas destinadas voluntariamente a la conservación. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/areas_certi.php. Acceso el: 12/08/2015.

Cullen, R.; Warner, K.D.; Jonsson, M.; Wratten S.D. (2008). Economics and adoption of conservation biological control. *Biological Control*, 45(2):272-280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.016>.

Dachary, A.C.; Arnaiz Burne, S.M. (1989). Sian Ka'an, el hombre y su economía. Chetumal, Centro de Investigaciones de Quintana Roo, 139 pp.

Danielsen, F.; Mendoza, M.M.; Tagtag, A.; Alviola, P.A.; Balete, D.S.; Jensen, A.E.; Enghoff, M.; Poulsen, M.K. (2007). Increasing conservation management action by involving local people in natural resource monitoring. *AMBIO*, 36(7):566-570. <http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447>

Elbroch, M.; Mwampamba, T.H.; Santos M.J.; Zylberberg, M.; Liebenberg, L.; Minye, J.; Mosser, C.; Reddy, E. (2011). The value, limitations, and challenges of employing local experts in conservation research. *Conservation Biology*, 25(6):1195-1202. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01740.x>

Faust, B. (2001). Maya environmental successes and failures in the Yucatan Peninsula. *Environmental Science & Policy*, 4(4-5):153-169. [http://dx.doi.org/10.1016/S1462-9011\(01\)00026-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1462-9011(01)00026-0).

Frazier, J. (2006). Biosphere reserves and the "Yucatán" syndrome: another look at the role of NGOs. *Landscape and Urban Planning*, 74 (3- 4): 313-333. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.09.010>.

García-Amado, L.R.; Ruiz Pérez, M.; Reyes Escutia, F.; Barassa García, S.; Contreras Mejía, E. (2011). Efficiency of payments for environmental services: equity and additionality in a case study from a biosphere reserve in Chiapas, Mexico. *Ecological Economics*, 70(12):2361-2368. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.07.016>

GEF-SGP. [Global Environment Facility & Small Grants Programme] (2012). Community-based carbon accounting: a pilot project on how communities can engage in REDD+. New York, The GEF Small Grants Programme. GEF, UNDP, United Nations Foundation, 40 pp.

Gil-Corrales, M.A. (2007). Crónica ambiental: Gestión pública de políticas ambientales en México. México, DF., Fondo de Cultura Económica. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, 559 p.

González-Eguino, M. (2011). The importance of the design of market-based instruments for CO2 mitigation: An AGE analysis for Spain. *Ecological Economics*, 70(12):2292-2302. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.05.023>

INEGI [Instituto Nacional de Geografía y Estadística]. (2015). Quintana Roo, Resultados preliminares, datos por localidad: XII Censo General de Población y Vivienda, 2020. (Inédito).

INEGI [Instituto Nacional de Geografía y Estadística]. (2011). Perspectiva estadística Quintana Roo 2011. México DF, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 86 p. 162 Otra Economía, vol. 9, n. 17, julio-diciembre 2015 Con y sin el mercado. Diversificación de iniciativas de conservación comunitaria en el ejido de Laguna de Om.

INEGI [Instituto Nacional de Geografía y Estadística]. (1985). Carta edafológica Chetumal. Escala 1:250.000.

INEGI [Instituto Nacional de Geografía y Estadística]. (1993). Othón Pompeyo Blanco, estado de Quintana Roo. Cuaderno estadístico municipal. Gobierno del estado de Quintana Roo. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. p 123.

Maass, M.; Ahedo-Hernández, R.; Araiza, S.; Verduzco, A.; Martínez-Yrizar, A.; Jaramillo, V. J.; Sarukhán, J. (2018). Long-term (33 years) rainfall and runoff dynamics in a tropical dry forest ecosystem in western Mexico: Management implications under extreme hydrometeorological events. *Forest Ecology and Management*, 426, 7-17.

Cortina Villar S., Macario Mendoza P.; Ogneva Himmelberger H. (1999). Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas*, 38:41-56.

Loaiza, J.C.; Rodríguez, J.A.; Ramírez, C.V.; Lema, A.J. (2010). Estimation of biomass and carbon stocks in plants, soil and forest floor in different tropical forests. *Forest Ecology and Management*, 260:10, doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.040.

Macario M., P. A., Torres, P.S.; Serralta, P.L. (1992). Estructura y composición de una selva mediana subperennifolia en San Felipe Bacalar Quintana Roo. *AVACIENT*, 4:3-11.

Macario M., P. A. (1997). Cambios en el uso del suelo en el sur de Quintana Roo. Ponencia presentada en el Taller "La Agenda Forestal de Quintana Roo, celebrada en Chetumal Quintana Roo. 6p. Díaz G., J.R. (2000). Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. Tesis de Maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. p 55.

MacDicken, K. (1997). A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. 91 pp.

Margarito, R. M. (2004). Recuperación de áreas invadidas por helecho (*Pteridium aquilinum* Kunth) mediante tratamiento de chapeo. Memoria de Residencia profesional. Instituto tecnológico Agropecuario No.16. Quintana Roo, México.

MexiCO₂. [Plataforma Mexicana de Carbono] (2019). <https://www.mexico2.com.mx/index.php>

Montero, M.; Kanninen, M. (2002). Biomasa y Carbono en plantaciones de *Terminalia amazonia* en la zona sur de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, (39-40).

FAO [Food and Agriculture Organization] (1999). Base referencial mundial del recurso suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelo. 84. Sociedad internacional sobre ciencias del suelo- Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos. FAO. Roma, Italia. p 94.

Sánchez, O.; Cabrera, E.; S. Torres, S.; Herrera, P.; Serralta, L.; Salazar, C. (1991). Vegetación. En: T. Camarena-Luhns & S. Salazar-Vallejo (Eds.). Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo. CIQRO, Chetumal. Pp. 31-48.

RAN-INEGI [Reserva Área Natural-Instituto Nacional de Geografía y Estadística] (1997). Plano definitivo de tierras de uso común del ejido Laguna Om. Registro Agrario Nacional. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Escala 1:50,000.

CAR [Climate Action Reserve] (2020) *Protocolo Forestal para México*, V. 2.0, <https://www.climateactionreserve.org/wp-content/uploads/2020/08/Mexico-Forest-Protocol-V2.0-Espanol-Package-080420.pdf>

MéxicoCO₂ [Plataforma Mexicana de Carbono] (2019) Medio Ambiente: Mecanismos de compensación: <https://www.mexico2.com.mx/medio-ambiente.php?id=5>

IPCC. [Panel Intergubernamental de Cambio Climático] (2021): Summary for Policymakers. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu & Zhou, B. (Eds.)]. Cambridge University Press. In Press 3949 pp. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

Segura, M.; Kanninen, M.; Suárez, D. (2006). Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry systems*, 68 (2), 143-150.

SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Programa de Prueba del Sistema de Comercio de Emisiones] (2021): <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-prueba-del-sistema-de-comercio-de-emisiones-179414>

SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Ley General de Cambio Climático] (2020). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_061120.pdf

Zamora-Crescencio, P.; Rico-Gray, V.; Barrientos-Medina, R. C.; Puc-Garrido, E. C.; Villegas, P.; Domínguez-Carrasco, M. R.; Gutiérrez-Báez, C. (2017). Estructura y composición florística de la selva mediana subperennifolia en Bethania, Campeche, México. *Polibotánica*, (43), 67–86. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.43.3>

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

<https://alcanzandoelconocimiento.com/reconocen-al-ejido-laguna-om-como-area-de-conservacion-voluntaria/>

SEMBLANZA DE LOS AUTORES



Juan Ricardo Cruz Aviña: Hidrobiólogo de profesión UAMI (Acuicultura) y Doctor en Ciencias en el Área de la Salud Ambiental por la BUAP. Sus trabajos fundamentales son en medio ambiente con énfasis en la conservación de anfibios, reptiles y peces autóctonos. Otros temas de interés han sido el las enfermedades emergentes en especies nativas, el desarrollo sustentable y educación ambiental. ORCID: 0000-0002-0905-9370.



Rene David Dzul Ramírez: originario del Ejido Laguna Om, egresado de la Universidad Tecnológica de Calakmul, Campeche y un gran emprendedor en el Campo del Turismo Sustentable, actualmente es Guía Certificado de la Selva Maya. ORCID: 0000-0002-5121-1313.



Jhoana Díaz-Larrea: Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma Metropolitana, México. Profesor-Investigador Titular del Departamento de Hidrobiología, UAMI., Especialista en sistemática filogenética y biología molecular. ORCID:0000-0003-4290-0835.



Elsa I. Castañeda-Roldán: Egresada por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, donde ha tenido varios cargos académicos, actualmente es titular investigadora. Trabaja líneas de estudio sobre Patogenicidad Bacteriana en el medio Ambiente y Salud, su enfoque principal son las bacterias del género *Brucella* y ha desarrollado un medio de cultivo específico para el crecimiento sucinto de estas bacterias zoonóticas, mismo que distribuye a nivel nacional en México. ORCID: 0000-0002-6118-5569.



Yessica Lyssete Cruz Díaz: Lic. En Ciencias Ambientales y Cambio Climático por la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Su desarrollo profesional se basa en el manejo forestal sustentable en ejidos y comunidades de México. Su eje de investigación es educación ambiental, interculturalidad, procesos bioculturales, diálogos de saberes y conservación de la biodiversidad ORCID: 0000-0001-6961-8990.



Ruben Cabrera: Biólogo de formación por la Universidad de La Habana. Ha desarrollado su investigación en osteología de peces, mamíferos y reptiles autóctonos en contextos arqueológicos. También tiene experiencia en ecología, sistemática de algas marinas. ORCID: 0000-0003-0089-1125.