

**EVALUACIÓN DE LA COBERTURA FORESTAL EN LAS
AMPLIACIONES FORESTALES DE PUSTUNICH,
YOHALTÚN, CAMPECHE Y
LAGUNA OM, QUINTANA ROO 2018**

Informe Anual

AMIGOS DE CALAKMUL A.C.

**INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

2018



**INSTITUTO
DE ECOLOGIA
UNAM**



Amigos de Calakmul A.C.
CONSERVACIÓN DE SELVAS

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas ambientales que enfrentamos en el siglo XXI es la reducción y fragmentación de los ecosistemas forestales (Myers 1988). A lo largo del mundo, los bosques tropicales se distribuyen a lo largo de la franja ecuatorial, entre los 23 grados norte y 23 grados sur, y mantienen a más del 60% de las especies del planeta (Myers 1980). Los bosques tropicales proporcionan de múltiples servicios ambientales a más de 1,500 millones de seres humanos quienes dependen de su sobrevivencia de los bosques tropicales (Defries et al. 2010, Chao 2012). Los bosques tropicales proveen de múltiples servicios ambientales desde los procesos de regulación y soporte de los ecosistemas hasta provisionamiento de recursos (Cyrille *et al.* 2014). A lo largo del siglo XX los bosques tropicales presentaron altas tasas de deforestación, aproximadamente el 20% ha sido usado para las actividades pecuarias y agrícolas (Dirzo y Raven *et al.* 2003, Ramankutty *et al.* 2008).

En México, los bosques tropicales se distribuían principalmente en tierras bajas a lo largo de la vertiente del Pacífico desde el sur de Sinaloa hasta Chiapas y por la vertiente del Golfo de México, desde el sur de San Luis Potosí hasta Tabasco y la Península de Yucatán, ocupando cerca del 9.2% del país (Pennington y Sarukhán 2005). En el último siglo, este ecosistema ha estado sometido a diversas presiones generadas por las actividades humanas que han promovido la conversión de los bosques a suelos agropecuarios (Sánchez-Colón *et al.* 2009). Debido a ello, actualmente sólo quedan el 4.7% de la superficie del país a lo largo de la costa del Pacífico, y en las tierras bajas de Veracruz, Oaxaca, Chiapas, y la Península de Yucatán (Challenger y Soberon 2008, Sánchez-Colón *et al.* 2009).

A pesar de la reducción de los bosques tropicales en México, aún se conservan macizos forestales extenso y continuo como es la Selva Lacandona con sus más de 700,000 hectáreas (Herrera-MacBryde y Medellín 1997) y la Península de Yucatán, siendo de las regiones más importantes de Norteamérica (Pennington y Sarukhán 2005). esta región a lo largo de su historia ha presentado una serie de acontecimientos geológicos y biogeográficos particular que ha permitido el

establecimiento de una alta diversidad de especies de flora y fauna, de endemismos, y del florecimiento de la cultura Maya (Arriaga *et al.* 2000; Ramírez-Barahona *et al.* 2009). Sin embargo, estos bosques y en especialmente hacia el sur de la Península de Yucatán han estado sujetos a una intensa extracción forestal por parte de compañías madereras extranjeras a mediados del siglo pasado y por parte de compañías nacionales para la década entre los 70's y 80's (Boege 1995; Turner II *et al.* 2001).

La parte mexicana de la Península de Yucatán junto con Guatemala y Belice mantienen el mayor macizo de bosque tropical en Norteamérica (Turner II *et al.* 2001). Estas selvas poseen una alta diversidad biológica, es el refugio de cientos de especies de flora y fauna, algunas de ellas en peligro de extinción o amenazadas (Arriaga *et al.* 2000). Durante la década de las 70's, se impulsó la colonización y con ello la conversión de los bosques tropicales en la parte sur de Campeche y Quintana Roo (Boege 1995, Cortina Villar *et al.* 1999). Resultado de estos programas gubernamentales la población humana se incrementó en la región y con ello la demanda de recursos naturales y de servicios (SEMARNAP 2000). En el tramo de la carretera Escárcega-Chetumal de los sesenta a los noventa se perdió el 22% de las selvas por el incremento de las actividades agropecuarias, a pesar de que los suelos no son propicios para estas actividades (Cortina Villar *et al.* 1999).

La estrategia de conservación más antigua y sólida a nivel mundial ha sido el decretar Áreas Protegidas, como Parques Nacionales. En México, ha tenido excelentes resultados, hoy en día se cuenta con 182 Áreas Naturales Protegidas a nivel federal que protegen más del 20% del territorio nacional (CONANP 2018). En los últimos 20 años, se han impulsado programas de subsidio en materia ambiental por parte de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) como el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES), el Programa de Empleo Temporal (PET), y el Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo (PROCER) con la finalidad de la conservación de las especies y su hábitat (CONANP 2018). Otra estrategia de conservación es el Pago de Servicios Ambientales, estrategia impulsada por el gobierno federal a través de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) y que ha sido seguida por

organizaciones no gubernamentales, con la finalidad de detener la deforestación e impulsar la reforestación de los bosques y selvas de nuestro país, a la vez que se promueven alternativas económicas y proyectos productivos compatibles con la conservación para incrementar la calidad de vida de los pobladores locales a su vez que se mitiga el impacto de la deforestación y se detiene la pérdida de los bosques tropicales en México (Torres y Guevara 2002).

Bajo este esquema Amigos de Calakmul A.C., una asociación civil sin fines de lucro tiene como misión la conservación de los bosques tropicales en la región comprendida como Calakmul, espacio geocultural que comprende el sur de la Península de Yucatán, correspondiente al sur de los estados de Campeche y Quintana Roo. Amigos de Calakmul han impulsado diversos proyectos sociales, pero el más sólido fue la firma de convenios de cooperación mutua en materia de conservación con los Ejido Yohaltún (firmado en 2003), Pustunich (firmado en 2006), Campeche, y el Ejido Laguna Om (firmado en 2017), Quintana Roo. En este convenio de colaboración los ejidatarios se comprometen a no realizar ninguna actividad de extracción forestal y que colocara en peligro la diversidad biológica, y por su parte Amigos de Calakmul A.C. se compromete a proporcionar una compensación económica y promover entre los ejidatarios el desarrollo de proyectos productivos compatibles con el manejo y conservación de los recursos naturales, a la par que se exploran otras alternativas de apoyos económicos para la conservación como son los pagos de servicios ambientales (e.g. captura de carbono).

Para determinar el cambio en la cobertura forestal, es necesario conocer el estado de conservación, disposición y distribución espacial de la cobertura de vegetación a evaluar. Debido a ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la cobertura forestal en las ampliaciones forestales de los Ejidos Pustunich y Yohaltún, Campeche y del Ejido Laguna Om, en Quintana Roo comparando imágenes satelitales Landsat del 2017 y 2018. Este estudio forma parte de un monitoreo que se comenzó en el 2016 para evaluar la cobertura forestal de estas tres áreas por parte de la asociación civil Amigos de Calakmul quien tiene convenios de colaboración firmados con dichos ejidos para la conservación de sus selvas.

Área de estudio

Las áreas de interés de esta evaluación se ubican en el sur de la Península de Yucatán (Figura 1). Las ampliaciones forestales de los Ejidos Yohaltún y Pustunich se localizan en la parte oeste y sur dentro del área de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Municipio de Calakmul, Campeche. En cambio, el área forestal del Ejido Laguna Om se sitúa al sur del Estado de Quintana Roo, en el Municipio Othón P. Blanco. Los límites de las ampliaciones forestales no han sufrido ningún cambio registrado en el Registro Agrario Nacional desde su dotación a mediados del siglo pasado (Cuadro 1).

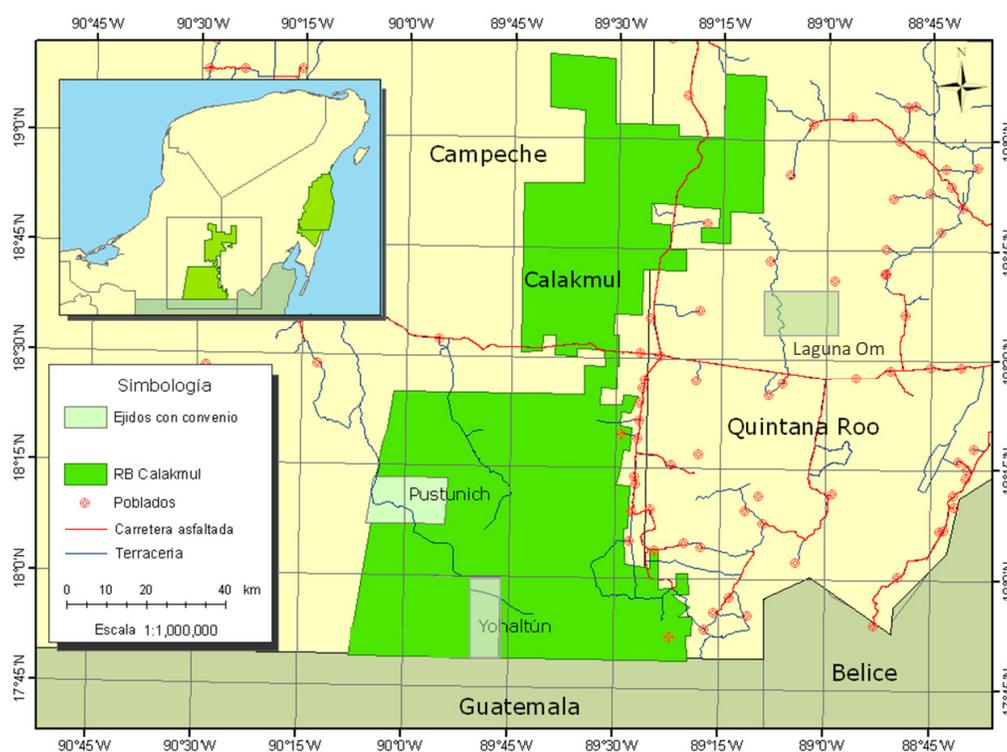


Figure 1. Ubicación de las ampliaciones forestales Pustunich, Yohaltún, Campeche y Área a conservar en el Ejido Laguna Om, Quintana Roo.

El sur de la Península de Yucatán presenta un relieve poco accidentado que va de 100 y 300 msnm. El clima es cálido subhúmedo, la temperatura media anual es mayor a 22°C, con una marcada estacionalidad, que dura de enero a finales de mayo (García 1973). Las lluvias se concentran en el verano (junio-noviembre), siendo la precipitación media anual de 500 a 2,500 mm. Durante la temporada de lluvias alrededor de un tercio de la región permanece inundada (SEMARNAP *et al.*

2000). El tipo de vegetación dominante es la selva mediana subperennifolia, seguida de la selva baja subperennifolia (Martínez y Galindo-Leal 2002). En la región conocida culturalmente como el gran Calakmul, comprende el sur de Campeche y sur de Quintana Roo, habitan alrededor 523,000 habitantes en 349 asentamiento humanos varios de estos ubicados en el límite este del a Reserva de la Biosfera de Calakmul, donde se observa claramente una conversión de las selvas a zonas agrícolas. Las principales actividades económicas de la región son la ganadería y la agricultura (INEGI 2005).

Cuadro 1. Coordenadas geográficas extremas de las ampliaciones forestales Pustunich, Yohaltún, y Laguna Om. (Proyección UTM Zona 16)

AMPLIACIÓN FORESTAL DEL EJIDO PUSTUNICH, CAMPECHE

VERTICE	LATITUD N	LONGITUD O
1	174824	2017294
2	193321	2017254
3	172687	2005836
4	192780	2005500

SUPERFICIE 23,100 ha

AMPLIACIÓN FORESTAL DEL EJIDO YOHALTÚN, CAMPECHE

VERTICE	LATITUD N	LONGITUD O
1	199028	1992261
2	206807	1992140
3	198530	1971880
4	206247	1971750

SUPERFICIE 14,000 ha

AMPLIACIÓN FORESTAL DEL EJIDO LAGUNA OM, QUINTANA ROO

VERTICE	LATITUD N	LONGITUD O
1	275963	2065914
2	283864	2065914
3	275963	2059286
4	283864	2059286

SUPERFICIE 5,500 ha

Descripción de las ampliaciones forestales

Ampliación Forestal del Ejido Laguna Om

Al Ejido Laguna Om se le otorgó en la década de los 40's una ampliación forestal con una superficie de 35,000 hectáreas, quedando el ejido conformado por una superficie de 70,000 hectáreas. Las colindancias de la ampliación son: al norte, con

el Ejido Nuevo Becar y Nuevo Veracruz; al sur, limita con el área agrícola del propio ejido; al oeste, con el límite estatal de Campeche; y al este, con el Ejido Morocoy. El área se sitúa al sur del Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo. El Ejido Laguna Om ha realizado manejo forestal de esa área desde la década de los 70's y fue hasta los 80's que las actividades forestales fueron realizadas bajo un programa de manejo forestal. A partir del año 2000, en un acuerdo ante asamblea ejidal se decidió detener las actividades forestales porque no veían un beneficio económico importante hacia los ejidatarios y observaron cambios en la diversidad de la fauna. Actualmente, se está preparando la carpeta para que dicha área sea nombrada Área Destinada Voluntaria de Conservación.

Ampliación Forestal del Ejido Pustunich

El Ejido Pustunich recibió con el carácter de ampliación forestal una superficie de 23,100 hectáreas. La resolución presidencial fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de Julio de 1940. Las colindancias de la ampliación son: al norte, ampliación forestal del ejido Concepción; al sur, ampliación forestal del ejido Ich Ek; al este, tierras federales (área núcleo de la RBC); y al oeste, ampliación forestal del ejido Bolonchén.

Ampliación Forestal del Ejido Yohaltún

El Ejido Pustunich recibió una ampliación forestal con una superficie de 14,000 hectáreas. Las colindancias de la ampliación son: al norte, tierras federales (área núcleo de la RBC); al sur, limita con la frontera de México-Guatemala; al este, tierras federales (área núcleo de la RBC); y al oeste, ampliación forestal del ejido Chan-Yaxche.

OBJETIVO GENERAL

Determinar los cambios en la cobertura forestal en las ampliaciones forestales de Pustunich, Yohaltún, Campeche y Laguna Om, Quintana Roo durante el periodo 2017-2018.

Objetivos específicos

1. Interpretar comparativamente las imágenes satelitales del 2017 y 2018 para ubicar áreas con cambios en la cobertura forestal en este periodo de tiempo.

2. Clasificar con base en las categorías de cobertura arbórea del estudio forestal del 2016 los cambios en la cobertura forestal para evaluar la intensidad de los cambios.

MÉTODOS

El método que se llevará a cabo para el análisis de las áreas de cambio de la cobertura forestal en la zona núcleo de la RBMM tiene la ventaja de que puede estar sujeta a monitoreo y verificación independiente.

Obtención de imágenes satelitales

Se utilizaron cuatro imágenes satelitales Landsat ETM (Enhance Thematic Mapper; path: 20; row: 47) de marzo y abril de 2017 y del 2018, de las respectivas áreas de interés (Figura 2). Las imágenes se descargaron de la página de EarthExplorer (www.earthexplorer.usgs.gov). Se rectificaron las imágenes y se referenciaron a un sistema de coordenadas geográficas común a cada una de las cuatro escenas. Este paso es básico, para empatar las imágenes, si el objetivo es comparar imágenes entre sí (e.g. imagen 2018 vs imagen 2017). A partir de este procedimiento, es posible identificar los sitios que presentaron un cambio en la cobertura arbórea, originado por el clareo natural o bien por tala.

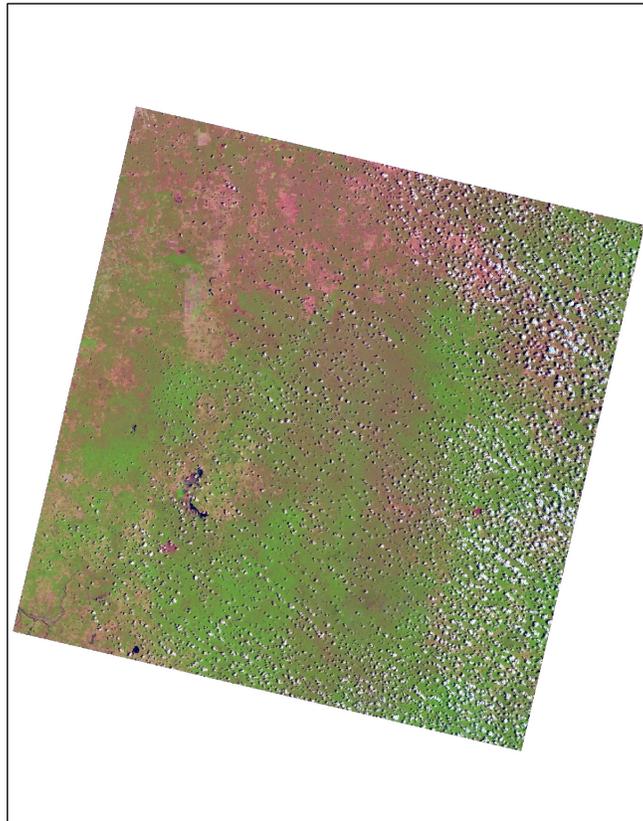
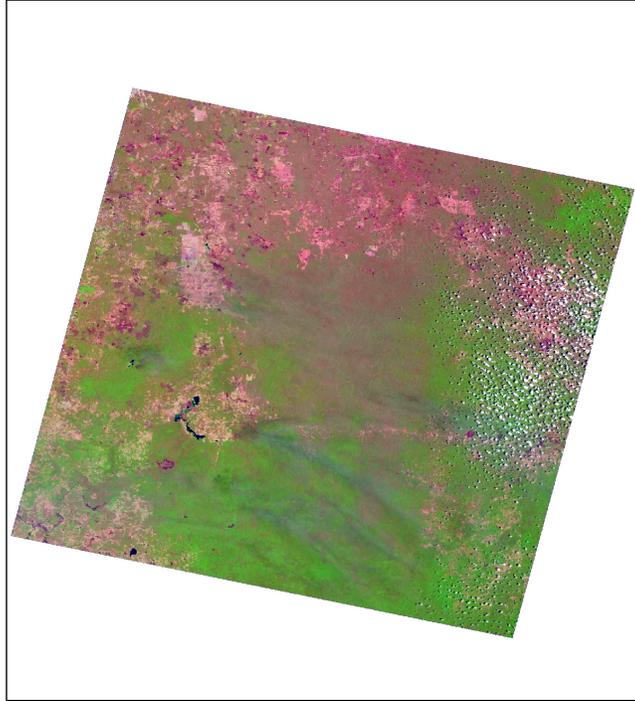


Figure 2. imágenes satelitales Landsat ETM (Enhance Thematic Mapper; path: 20; row: 47) de marzo y abril de 2017 y del 2018

Procesamiento de imágenes satelitales

Se realizó una clasificación supervisada por cada una de las imágenes usando el programa ArcGIS 10.5 (ESRI, Redlands, California, EEUU). Posterior a la clasificación, se realizó un procesamiento de limpieza de píxeles, eliminando los píxeles aislados con los píxeles circundantes. Los tipos de vegetación se clasificaron siguiendo la propuesta de Martínez y Galindo-Leal (2002) elaborada para la región de Calakmul, Campeche y que se ha sido empleada en los análisis anteriores, desde el 2016 por Amigos de Calakmul, A.C.

A partir de la prospección en campo realizada en el 2016 (Figura 3) se propusieron las siguientes 5 categorías: 1) *Selvas Alta*; 2) *Selva Mediana*; 3) Selva Baja; 4) *Bajos*, también conocidos como akalchés tierras inundables durante la época de lluvias; y 5) *Agua*, cualquier fuente de agua presente sin importar su tamaño. La clasificación supervisada se evaluó usando el estadístico Kappa para establecer el grado de precisión de la clasificación en su totalidad y por cada clase se evaluaron los errores de omisión y comisión (Wilkie y Finn 1996).

Una vez generada la cobertura de vegetación del 2018 se determinó el número de hectáreas para cada una de las categorías propuestas en el párrafo anterior. Finalmente, se determinó el cambio en el uso de suelo comparando las coberturas de vegetación del 2017 vs 2018 (Figura 4). Es importante mencionar que las imágenes Landsat ETM+ tienen una resolución de 30 metros de píxel (e.g. 900 m²), a esta resolución solamente es posible visualizar claros mayores a 0.5 ha, debido a esto la necesidad de realizar trabajo de campo para la validación de los resultados y corroborar que no hay tala por debajo del dosel (Figura 5).



Figure 3. Trabajo de campo para establecer los puntos de control para la caracterización de la vegetación y clasificación supervisada durante el 2016.

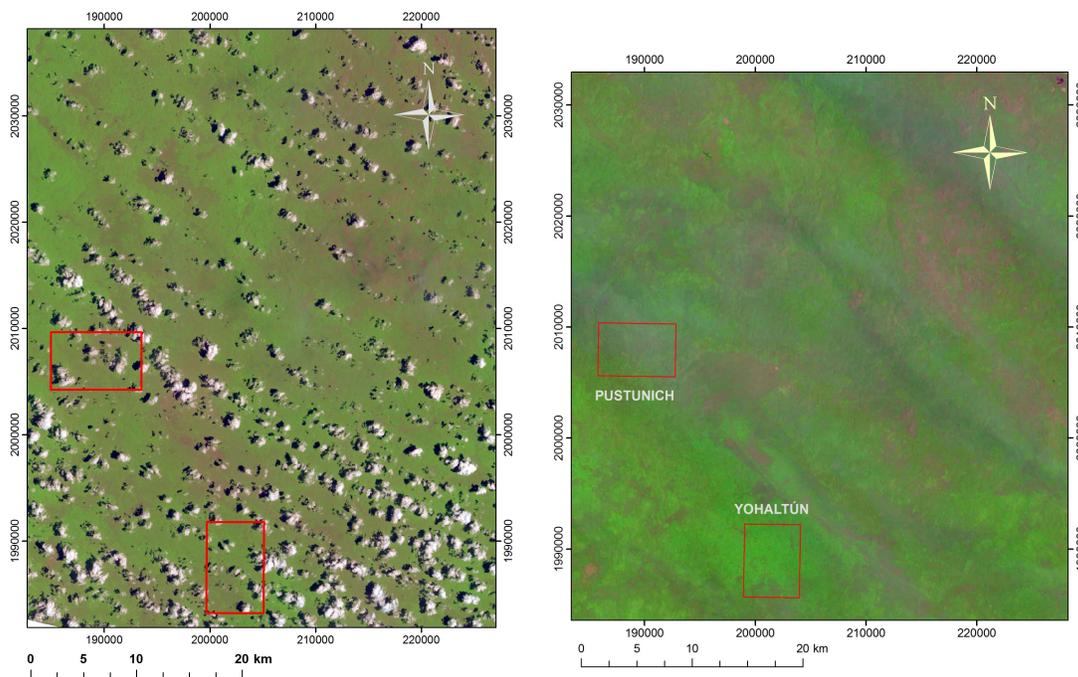


Figure 4. Imagen satelital del 2017 (izquierda) y 2018 (derecha) donde se aprecia las Ampliaciones Forestales de Pustunich y Yohaltún, Calakmul, Campeche

Validación en campo

Para validar la información generada por la clasificación supervisada se realizó una supervisión directa en campo para validar los cambios ocurridos (Figura 5). Se realizaron recorridos en cada una de las áreas sujetas al Pago de Servicios Ambientales, con una duración de cinco días entre marzo a mayo del 2018, en busca de evidencias a nivel del sotobosque y del dosel medio, en busca de evidencias de extracción de madera o tala, que no se observan a partir de las imágenes de satélite y fotografía con Drones (Figuras 6 a 8).



Figure 5. Validación de trabajo de campo en la Ampliación Forestal del Ejido Yohaltún, Mpio. Othón P. Blanco, Quintana Roo (mayo 2018).



Figure 6. Panorámica de la ampliación forestal Ejido Pustunich, Mpio. Calakmul, Campeche.



Figure 7. Panorámica de la ampliación forestal Ejido Yohaltún, Mpio. Calakmul, Campeche



Figure 8. Panorámica de la ampliación forestal Ejido Laguna Om. Mpio. Othón P. Blanco, Quintana Roo

Resultados y Discusión

Trabajo de campo

Los puntos de control georreferenciados levantados en campo para el estudio de línea base en el 2016, han sido usados como puntos de referencia. Se verificó en cada una de las tres ampliaciones forestales el tipo de vegetación y la cobertura arbórea presente en cada sitio o en su caso indicios de tala o cambio en el uso de suelo (Figura 6 al 8). Para las tres áreas no se observó a nivel de campo o a partir de las imágenes de satélite un cambio en la conversión de la selva a lo largo de los caminos o senderos, en ninguna de las tres áreas de estudio.

Para las Ampliaciones Forestales de Yohaltún y Pustunich se validaron los 100 puntos de referencias para cada ampliación y no observaron o encontraron evidencias de tala o cambio en el uso de suelo. Esto es alentador tomando en cuenta la presión de tala que se ha observado en la Reserva de la Biosfera de Calakmul durante el 2017 y 2018. Para el caso del Ejido Laguna Om, quienes están en proceso de conformar un Área Destinada Voluntariamente a la Conservación dentro del área forestal sujeto de este estudio, no se observaron evidencias o restos de árboles talados.

Estos resultados se deben en gran medida a cinco factores: 1) A las actividades de conservación y de vigilancia realizadas por los ejidatarios de los Ejidos de Pustunich y Yohaltún durante la temporada de secas (enero-mayo); 2) Las autoridades del ejido Laguna Om han estado realizando mayores actividades de vigilancia con fondos del Proyecto Ecología y Conservación del Jaguar del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México; 3) La ubicación geográfica de las Ampliaciones Forestales de Yohaltún y Pustunich (Figura 1), ha permitido que su acceso sea difícil, el poblado más cercano a la ampliación se encuentra a 4 horas en camioneta 4x4 a lo largo de un camino de terracería; 4) Amigos de Calakmul A.C. y las autoridades del Ejido Laguna Om han colocado portones en los principales accesos a la zona forestal, con la finalidad de dificultar el acceso a personas ajenas que pueden entrar a talar y/o cazar animales silvestres en el 2017, durante el 2018 los portones fueron desmantelados, se volvieron a hacer los portones; y 5) Se ha documentado, que rumbo a las ampliaciones forestales de Yohaltún y Pustunich y en

la periferia del área forestal de Laguna Om evidencias de tala y las autoridades de los tres ejidos han dado parte a la PROFEPA, han hablado con sus homólogos vecinos sobre el problema y han aviso a la Gendarmería Ambiental, quien ha colocado puesto de control hacia el interior de la Reserva de la Biosfera de Calakmul.

Imágenes satelitales

A partir de la clasificación realizada con las imágenes satelitales se evaluó la superficie de cobertura forestal y el estado de conservación de cada una de las áreas sujetas al apoyo de Pago de Fondos Concurrentes entre Amigos de Calakmul y Conafor. La Selva mediana es el tipo de vegetación dominante en las ampliaciones forestales de Pustunich y Yohaltún, seguida de la selva alta con vegetación secundaria en la ampliación forestal de Yohaltún y la Selva baja para la ampliación de Pustunich. El área de conservación dentro de la ampliación forestal del Ejido Laguna Om registro la mayor presencia de selva baja, seguida de la selva mediana con vegetación secundaria (Cuadro 2, Figura 9 al 11). No se identificó ningún cambio en la cobertura forestal, no se observaron claros o cualquier otra evidencia en la imagen que indicará un cambio en el uso del suelo (Figura 8).

Para corroborar la clasificación supervisada se estimó el estadístico Kappa de 84.7 %, considerado como adecuado (Congalton y Green 1999), así como el error de comisión y el error de omisión estimado en 89.5%.

AMPLIACIÓN FORESTAL PUSTUNICH

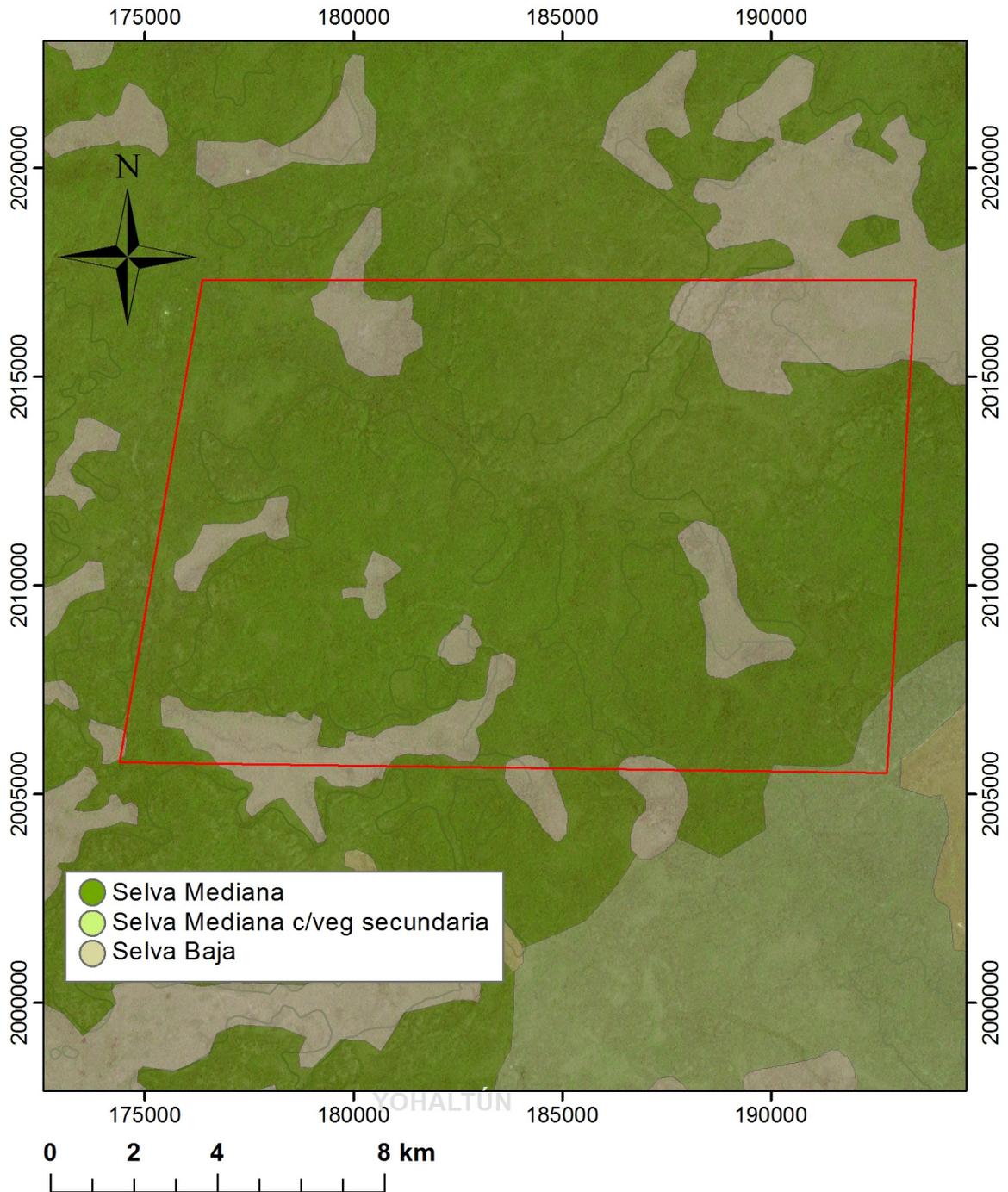


Figure 9. Poligonal de la Ampliación Forestal Pustunich, Mpio. Calakmul, Campech

AMPLIACIÓN FORESTAL YOHALTÚN

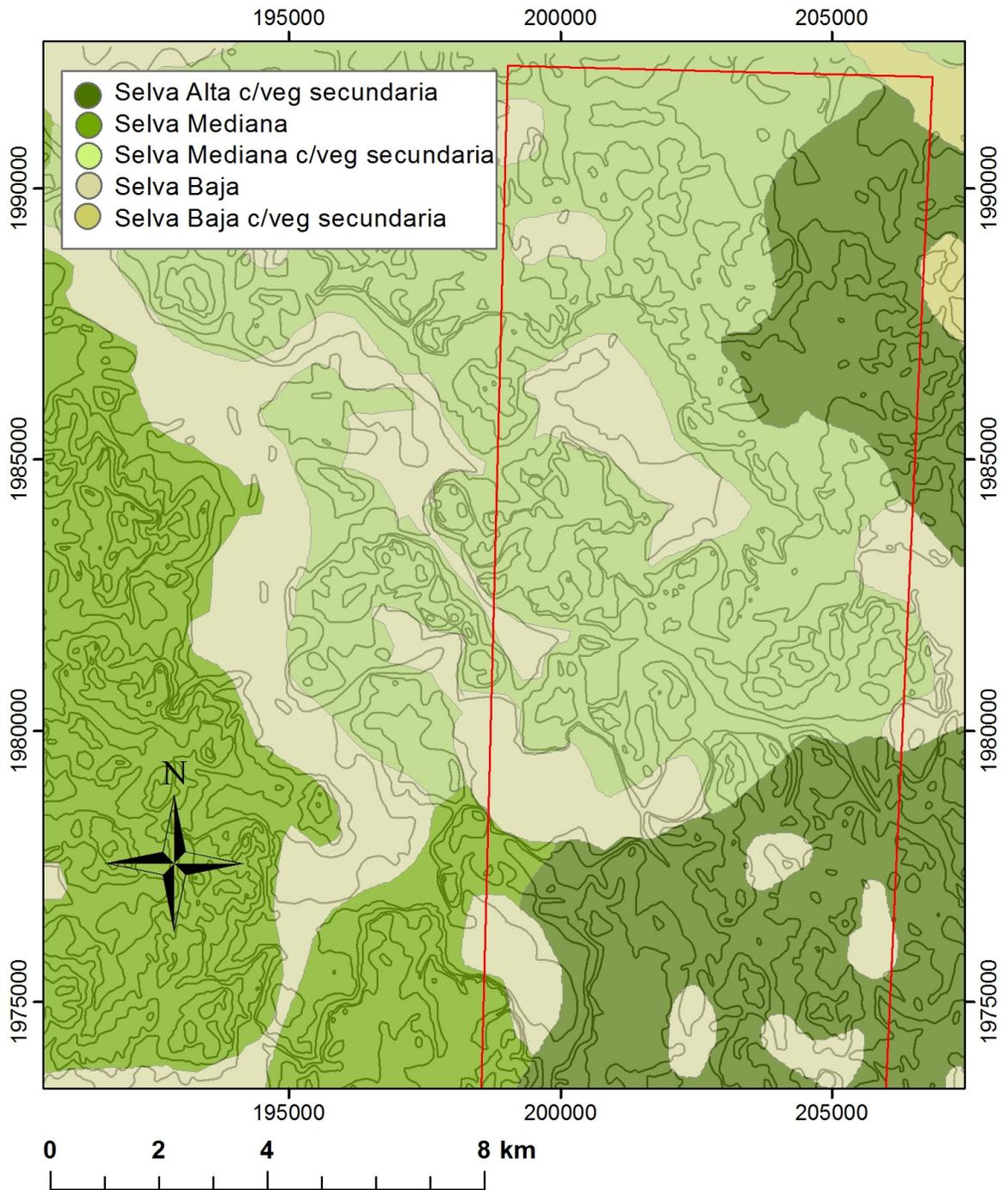


Figure 10. Poligonal de la Ampliación Forestal Yohaltún, Mpio. Calakmul, Campeche

AREA DESTINADA VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN LAGUNA OM

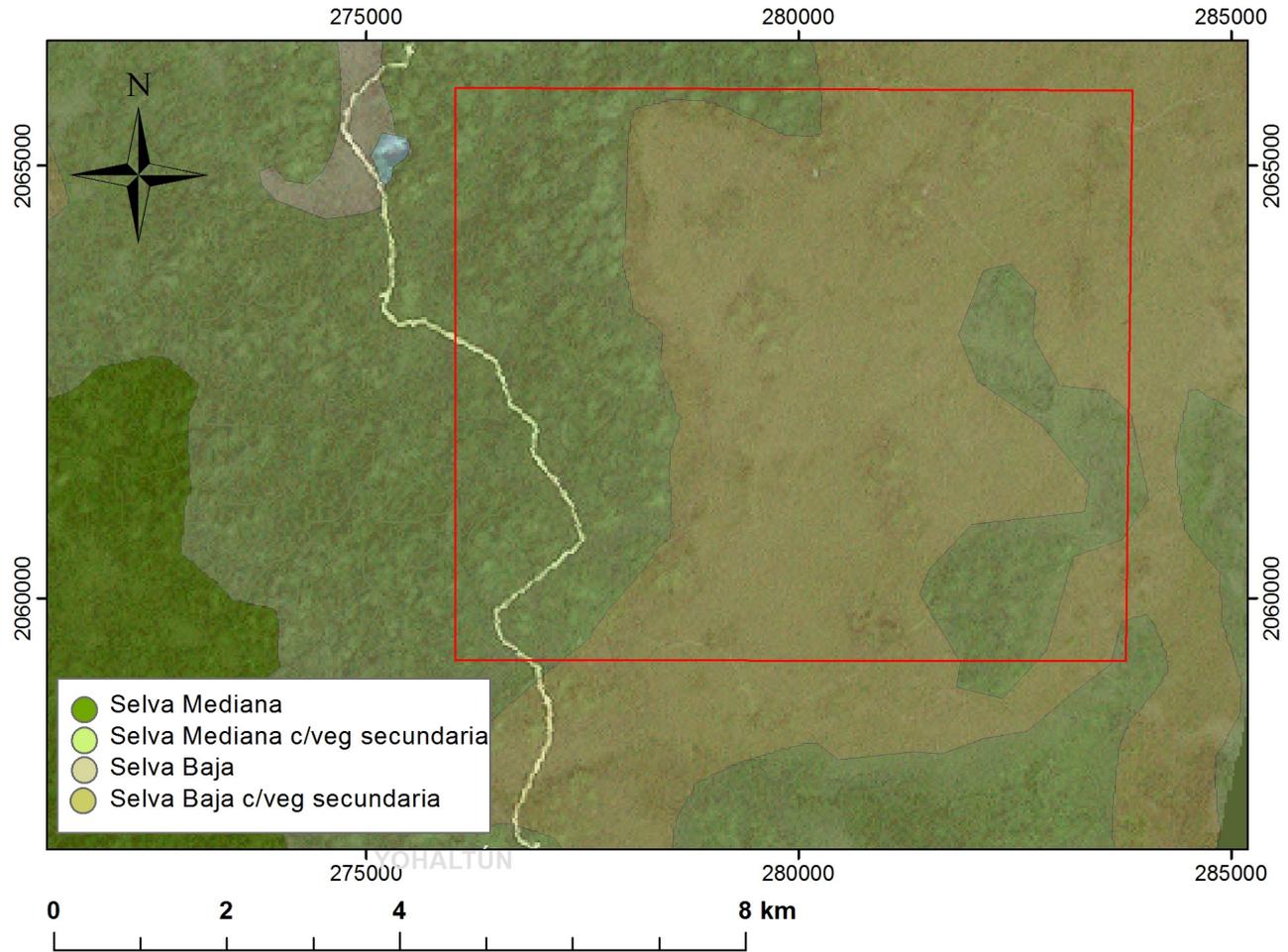


Figure 11.
área a

dentro de la Ampliación Forestal Laguna Om, Mpio. Othón P. Blanco, Quintana Roo.

Poligonal del
conservar

Cuadro 2. Tipos de vegetación y uso de suelo presentes en las ampliaciones forestales de los Ejidos Pustunich, Yohaltún y Laguna Om.

	Pustunich		Yohaltún		Laguna Om	
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)
Selva alta c/veg sec.			4,378	31.3		
Selva mediana	19,650	85.0	286	2.0		
Selva mediana c/veg sec.	153	0.7	6,777	48.4	2,325	44.8
Selva baja	3,297	14.3	2,499	17.9		
Selva baja c/veg sec.			50	0.4	3,175	61.0
Total	23,100		14,000		5,500	

Las autoridades ejidales de los tres ejidos están plenamente conscientes que una de las acciones de vigilancia debe enfocarse a la vigilancia puntual de los límites o mensuras de sus ampliaciones forestales como primer indicio de cambio o problema en el área. Si bien la vegetación secundaria es el tipo de vegetación más dinámico y con el paso del tiempo, gracias a un proceso de regeneración natural, esas áreas son ganancia hacia la vegetación conservada, es importante mantener las líneas corta fuego, y realizar labores de limpieza para retirar la madera muerta que potencialmente pueda ocasionar un incendio.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados obtenidos del trabajo de campo como del análisis de las imágenes Landsat del 2017 y 2018 de las áreas sujetas a Pago de Servicios Ambientales bajo la Modalidad de Fondos Concurrentes entre Amigos de Calakmul A.C. y Conafor se certifica que las tres áreas sujetas a los apoyos (Pustunich, Yohaltún y Laguna Om) mantienen la misma cobertura forestal a la registrada en el 2016 y 2017. No se observaron cambios en el uso del suelo en ninguna de las tres áreas de evaluación ni evidencias de tala hacia su interior y periferia. De esta manera los ejidos cumplen con el compromiso y obligaciones adquiridas con Amigos de Calakmul A.C. y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) en materia de conservación de la cobertura forestal en sus respectivas áreas.

Durante la temporada de secas, los ejidos Pustunich y Yohaltún enviaron una cuadrilla a sus respectivas ampliaciones, con la finalidad de hacer vigilancia en el área y actividades de saneamiento forestal. Las actividades que desempeña cada cuadrilla son: limpieza de linderos y mojoneras; reforestación a pequeña escala y colocación de señalamientos de que está prohibido cazar y extraer flora y fauna silvestre, por ejemplo: “Está entrando al Ejido Pustunich, área bajo conservación”. En el caso concreto de ambos estos dos ejidos en Calakmul, es imposible tener presencia permanente durante todo el año, debido a lo inaccesible de los sitios, los centros de población de Pustunich y Yohaltún están a 180 km de distancia, imposibilitando a los ejidatarios realizar visitas con mayor frecuencia por el factor tiempo y recursos económicos. Sin embargo, se esta platicando con las autoridades de la Conanp para mantener un destacamento permanente al menos durante la temporada de secas de la Gendarmería Ambiental.

LITERATURA CITADA

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez, y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO.
- Boege, E. 1995. The Calakmul Biosphere Reserve (Mexico). Working Paper No. 13. UNESCO (South-South Cooperation. Programme). Paris, Francia.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México. Pp. 87-108, en: Conocimiento actual de la biodiversidad. Vol. I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Chao, S. 2012. Forest peoples: Numbers across the world. Moreton-in-Marsh (Reino Unido), Programa para los Pueblos de los Bosques. Disponible en www.forestpeoples.org.
- Congalton, R.G. y K. Green. 1999. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Lewis Publishers. Washington.
- Cortina Villar, S., P. Macario Mendoza y Y. Ogneva Himmelberger. 1999. Cambios en el uso de suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. Investigaciones Geográficas, Boletín 8:41-56.
- Cyrille, V., P.B. Reich, S.W. Pacala, B.J. Enquist, y J. Kattge. 2014. The emergence and promise of functional biogeography. Proceedings of the National Academy of Sciences 111 (38):13690-13696.
- Dirzo, R. y P. H. Raven. 2003. Global states of biodiversity and loss. Annual Review of Environmental and Resources 29:137-167.
- Defries, R.S., T. Rudel, M. Uriarte, y M. Hansen. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. Nature Geoscience 3:178-181
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2ª edición, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 246 pp.
- Herrera-MacBryde, O. y R. A. Medellín. 1997. Lacandon rain forest region. Pp. 125-127, in Centers of Plant Diversity, Vol. 3, The Americas (S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos y A. C. Hamilton, eds.). World Wildlife Fund, IUCN, The World Conservation Union, U. S. National Museum of Natural History, the European Commission, and the U. K. Overseas Development Administration. Information Press, Oxford, Inglaterra. 525 pp.
- INEGI. 2005. II Censo de población y vivienda 2005. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005>
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. Boletín de la Sociedad Botánica de México 71:7-32.
- Myers, N. 1980. Conservation of Tropical Moist Forests. A report prepared for the Committee on Research Priorities in Tropical Biology of the National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 205 pp.
- Myers, N. 1988. Tropical deforestation and climate change. Environmental Conservation 15:293-298.
- Pennington, T.D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies, 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México

- Ramankutty, N., A.T. Evan, C. Monfreda, y J.A. Foley. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles* 22: 1-19.
- Ramírez-Barahona, S., A. Torres-Miranda, M. Palacios-Ríos, y I. Luna-Vega. 2009. Historical biogeography of the Yucatan Peninsula, Mexico: a perspective from ferns (Monilophyta) and lycophods (Lycophyta). *Biological Journal of the Linnean Society* 98:775–786.
- Sánchez Colón, S., A. Flores Martínez, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. Pp. 75-129, en: *Capital natural de México. Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México*
- SEMARNAP [Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca]. 2000. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera de Calakmul. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología. México D. F.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies de riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010:1-78.
- Torres, J.M. y A. Guevara. 2002. El potencial de México para la producción de Servicios Ambientales: Captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica* 63:40-59.
- Turner II, B.L., S. Cortina, D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, D. Lawrence, P. M. Mendoza, S. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A. B. Plotkin, D. Pérez, R. Chowdhury, B. Savitsky, L. Schneider, B. Scmook, y C. Vance. 2001. Deforestation in the southern Yucatán peninsula region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management* 154:353-370.
- Wilkie, D.S. y J.T. Finn. 1996. *Remote Sensing Imagery for Natural Resource Monitoring: A Guide for First-Time Users*. Columbia University Press, New York.