

Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México

E.A. Ellis¹, I.U. Hernández-Gómez^{2,*}, J.A. Romero-Montero³

(1) Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), Universidad Veracruzana. Ex Hacienda Lucas Martín. José María Morelos 44, Xalapa, Veracruz C.P. 91000.

(2) Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Isleta, Xalapa, Veracruz. C.P. 91090.

(3) Equilibrio en Conservación y Desarrollo, A.C. (ECODES). 5 de mayo No. 28, Portón Colorado, Xalapa, Veracruz. C.P. 91158.

* Autor de correspondencia: I. Hernández Gómez [urielxal@gmail.com]

> Recibido el 09 de septiembre de 2016 - Aceptado el 23 de febrero de 2017

Ellis, E.A., Hernández-Gómez, I.U., Romero-Montero, J.A. 2017. Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península de Yucatán. *Ecosistemas* 26(1): 101-111. Doi.: 10.7818/ECOS.2017.26-1.16

La deforestación en México ha persistido en las últimas décadas, particularmente en la Península Yucatán (PY) en el sureste del país. La PY es de gran importancia a nivel nacional e internacional ya que contiene la Selva Maya, la segunda masa forestal continua más grande en las Américas. Actualmente, la iniciativa REDD+ en colaboración con el gobierno Mexicano está desarrollando estrategias para combatir la deforestación, evaluando y monitoreando estos procesos en el territorio. Basándose en una búsqueda, revisión y análisis de información y datos reportados en la literatura disponible, este trabajo evalúa los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo en los tres estados de la PY (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) en los últimos 50 años, e identifica las causas directas y factores subyacentes relacionados con el cambio en la cobertura forestal. Las publicaciones revisadas revelan las diferencias regionales en los cambios de cobertura forestal y uso de suelo en los tres estados de la PY, en donde se han reportado procesos de deforestación, así como casos donde se ha reportado la conservación o recuperación de cobertura forestal. Las causas inmediatas de deforestación se asocian principalmente con la expansión ganadera, seguido por la agrícola, mayormente en los estados de Campeche y Yucatán. Los factores subyacentes de la deforestación en la PY se asocian con programas de colonización y desarrollo agropecuario del gobierno, crecimiento de población y mercados. Además, en Quintana Roo, el desarrollo turístico y los incendios se asociaron con cambios en la cobertura forestal, mientras que la agricultura de subsistencia y el manejo forestal en este estado no se asocian con los procesos de deforestación.

Palabras clave: deforestación; cambio de usos de suelo; selvas; Península de Yucatán

Ellis, E.A., Hernández-Gómez, I.U., Romero-Montero, J.A. 2017. Processes and causes of forest cover change in the Yucatan Peninsula. *Ecosistemas* 26(1): 101-111. Doi.: 10.7818/ECOS.2017.26-1.16

Deforestation in Mexico has persisted in the last decades, particularly in the Yucatan Peninsula (YP) in the southeastern region. The YP region is of great importance at national and international levels since it contains the Selva Maya, the second largest contiguous mass of forest in the Americas. Currently, the REDD+ initiative in collaboration with the Mexican government is developing strategies to combat deforestation, evaluating and monitoring these processes in the territory. Based on a search, revision and analysis of information and data reported in the available literature, this work evaluates the processes of land use/land cover change in the three states of the YP (Campeche, Quintana Roo and Yucatan) in the last 50 years and identifies direct causes and underlying factors related with forest cover change. The publications evaluated reveal regional differences in forest cover and land use change within the three states, indicating regions where deforestation processes have occurred as well as where the conservation or recuperation of forest cover is occurring. The immediate causes of deforestation are associated mainly with the expansion of cattle ranching, followed by agriculture and mostly within the states of Campeche and Yucatan. The Underlying factors of deforestation in the YP are mostly associated with government colonization and agricultural development programs, population growth and markets. Moreover, in Quintana Roo, the tourism development and fires were associated with changes in forest cover, while slash and burn shifting agriculture and forest management were not associated with deforestation processes.

Key words: deforestation; land use change; rainforests; Yucatan Peninsula

Introducción

A nivel nacional, la deforestación en México ha ido disminuyendo en este último siglo, dicho fenómeno se ha estado replicando para Latinoamérica (FAO 2015; Romijn 2015). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO 2015) reporta para México una baja en la tasa de -0.3% entre el 1990 y 2000 (190 000 ha/año) a -0.2% entre el 2000 y 2010 (136 000 ha/año) y más recientemente a -0.1% entre el 2010 y 2015 (92 000 ha/año) (FAO 2015), es importante mencionar que los números en

porcentajes mas cercanos a cero representan una disminución en la deforestación. Un estudio basado en los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Inventario Nacional Forestal (INF) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), indica una baja en la tasa de deforestación, pero con mayores superficies de bosque pérdidas anualmente, superando las 500 000 ha al año entre 1976 y 2007 (Rosete-Verges et al. 2014). En ese sentido, el uso de distintas fuentes de datos, procesamiento de imágenes, métodos de clasificación de vegetación y periodos de análisis de estos estudios en México han resultado en cifras de pérdida

de cobertura forestal que varían desde 365 000 hectáreas anuales a más de 1 500 000 hectáreas anuales (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010; Mas et al. 2002, 2004, 2009; Velázquez 2008). Sin duda, esta situación, así como la escala de los datos, complica la utilidad de estos estudios para determinar los procesos de deforestación a nivel regional o local dentro del país, particularmente con fines de desarrollar estrategias y políticas públicas para la reducción de la deforestación, conservación y desarrollo sustentable.

Los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo, así como sus causas, pueden ser muy complejos y diversos dentro de las distintas eco-regiones y estados en México. En cuanto a los ecosistemas forestales mexicanos se observa un mayor impacto de la deforestación en las selvas tropicales del país, comparado a los bosques templados (Velázquez et al. 2002; Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010). Challenger y Soberón (2008) estiman una pérdida mayor de 80% de selvas húmedas y bosques mesófilos y 50% de bosques templados. Regiones tropicales, como la Península del Yucatán (PY), se vieron afectados históricamente desde los 1970s por programas federales de desmontes, colonización y desarrollo agropecuario, propiciando un fuerte proceso de deforestación en los 1980s y 1990s (Challenger y Soberón 2008). Basado en datos del INF de la CONAFOR, entre 1993 y 2002 los estados de Campeche y Yucatán en la PY destacaban entre los mayores, con pérdidas de cobertura forestal de 30 968 y 23 007 ha/año respectivamente (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010). Sin embargo, estos estudios no analizan a mayor detalle y con más puntualidad los procesos y causas en el cambio de la cobertura forestal, y como estos pueden contrastar en las regiones de selvas tropicales del sureste.

Las selvas del Sureste de México integran la Selva Maya con Belice y Guatemala, conformando el macizo de selva tropical más grande al norte del Amazonas, fundamental para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial (Primack 1999). La Selva Maya de México es reconocida por el manejo forestal comunitario en Quintana Roo; ejidos (o tierras agrarias con tenencia común) de esta región son ejemplo de la silvicultura tropical sustentable y por más de tres décadas han mantenido la cobertura forestal y han frenado el impacto de la deforestación (Primack 1999; Ellis et al. 2015). La conservación de estas selvas en México se ha vuelto ahora un tema de prioridad institucional (CONAFOR, SEMARNAT, CONABIO) a nivel nacional e internacional. El gobierno federal, bajo su programa estratégico nacional de la CONAFOR promueve un mayor fortalecimiento del sector forestal, integrando objetivos como eliminar la deforestación y conservar la biodiversidad (Gobierno de la República 2014). Adicionalmente, la iniciativa REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación), en vinculación con CONAFOR, se encuentra implementando actividades para reducir la deforestación y conservar la cobertura de selvas tropicales como estrategia de mitigación contra el cambio climático (CONAFOR 2010). La PY es de especial interés para la iniciativa REDD+ en México y comprende una de sus Áreas de Acción Temprana (AATR). La necesidad de evaluar los procesos y causas de deforestación de estas selvas es crucial tanto para la implementación de estrategias para reducir la pérdida de cobertura forestal como para ir midiendo y monitoreando sus impactos en emisiones, mediante su componente de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) (Angelsen et al. 2012; Danielsen et al. 2011).

Este trabajo presenta una revisión de literatura de estudios y análisis de cambio de cobertura y uso de suelo realizados para regiones o localidades dentro de la PY. Así mismo, se analizaron las publicaciones con el fin de describir los procesos de cambio en la cobertura forestal y las causas de estos cambios durante los últimos 50 años en los tres estados de la PY: Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Se presenta un resumen sobre los procesos y causas de deforestación, así como la ubicación de cada estudio (indicando la escala) dentro de los tres estados de la PY. Esta revisión de literatura se elaboró para el proyecto "Evaluación y Mapeo de los Determinantes de Deforestación en la Península Yucatán" de la Alianza México REDD+ financiado por TNC para proporcionar información imprescindible para la toma de decisiones e implemen-

tación de estrategias de la iniciativa REDD+ y particularmente su componente de MRV en la región de PY.

Métodos

Se realizó una búsqueda y recopilación de literatura: artículos publicados, tesis y publicaciones gubernamentales y de organizaciones no-gubernamentales relacionados con el tema de deforestación en la PY. Las búsquedas se realizaron en distintas bases de datos de información científica de importancia internacional como son EBSCO Host, Web of Science, SCOPUS, Springer Link, Academic One File, Wiley Online Library y otros más relevantes para Latinoamérica y México, por ejemplo: REDALYC y LATINDEX. Se utilizaron palabras claves que incluyeron en inglés y español: Deforestación, Península Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, cambio de cobertura y uso de suelo y cobertura forestal. Adicionalmente se realizaron búsquedas en Google y Google Académico para encontrar otra información y publicaciones como informes, reportes u otras tesis que estuvieran disponibles. El periodo de búsqueda de las publicaciones para este trabajo se limitó de 1980 al 2016.

Posteriormente, de un acervo de posibles publicaciones, se identificaron y se seleccionaron solo aquellas publicaciones que aportaban información cualitativa y/o cuantitativa sobre los procesos de deforestación o cambio de cobertura y uso de suelo y sus causas en el interior de la Península Yucatán. Adicionalmente, se seleccionaron solo aquellas publicaciones donde se podía localizar geográficamente el estudio o el cambio en cobertura forestal reportada, y se distinguió si el estudio y cambio reportado era a escala local, regional o municipal. Para cada publicación seleccionada se identificaron las causas directas y subyacentes del cambio en la cobertura forestal descritas en cada publicación seleccionada. Las causas directas (o inmediatas) se definen como las actividades humanas que directamente inciden en el evento de deforestación en algún lugar, por ejemplo, la expansión de cultivos o de ganadería, o el aumento de infraestructura por establecimiento de caminos o crecimiento urbano; las causas o factores subyacentes (indirectas) se refieren a los procesos sociales que forman la base o apoyan a la causa directa como pueden ser factores demográficos de crecimiento de población, factores económicos como crecimiento de mercados, inversión y demandas, o factores institucionales como políticas públicas y tenencia de la tierra. Adicionalmente se pueden asociar factores culturales y ambientales como calidad de suelo y topografía y agentes biofísicos como incendios y huracanes que pueden resultar en la pérdida de cobertura forestal (Geist y Lambin 2001, 2002).

La información extraída de cada publicación fue integrada en una tabla de datos con los siguientes campos: 1) clave de publicación, 2) cita, 3) año, 4) publicación, 5) región o sitio de estudio, 6) estado, 7) escala de análisis, 8) periodo de análisis, 9) cambio, tasa o superficie perdida, 10) causas directas y 11) causas subyacentes. De un acervo inicial de casi 50 publicaciones relacionadas con el tema de deforestación o cambio de usos de suelo en la PY, un total de 37 publicaciones llegaron a cumplir el criterio de selección. Algunos estudios abarcaban regiones que se extendían más allá de los límites de la PY o analizaban los cambios de cobertura a nivel nacional (Olsoy et al. 2016; Díaz-Gallego et al. 2010; Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010), otros estudios se relacionaron más con metodologías de modelar cambios de cobertura y uso de suelo o de análisis, sin ofrecer información clara de los cambios encontrados y las causas del cambio (Courtier et al. 2010; García-Mora y Mas 2008; Manson y Evans 2007; Mas 1999) y otros ofrecían narrativas sobre procesos históricos, sociales e institucionales, sin especificar los cambios y/o el lugar de los cambios en la cobertura forestal (Klepeis 2003). Finalmente, se geopsicionaron las publicaciones, utilizando el software ArcGIS 10.1 y se ubicaron los sitios (o localidades), municipios o región(es) en la PY que comprendía el estudio, distinguiendo los estudios de acuerdo a su escala de análisis: local, municipal o regional.

Resultados

La lista de las 37 publicaciones seleccionadas para esta revisión se presenta en la **Tabla 1** categorizado por estado/s e indicando el año de la publicación, el sitio o región donde se reportan los cambios en cobertura y uso de suelo, la escala del estudio, el periodo del cambio de cobertura reportado, la fuente de datos usados y la cita de la publicación. Los estudios encontrados y seleccionados que describieron procesos de cambio de cobertura forestal y uso de suelo en la PY fueron publicados entre los años 1993 y 2014; con tres publicaciones previas al año 2000, 19 publicaciones entre el año 2001 y 2009 y 15 publicaciones entre el 2010 y 2014. Sin embargo, en cuanto a los periodos de análisis cubiertos por estos estudios en la PY, casi la mitad (43%) o 16 publicaciones abarcaban un periodo de análisis de deforestación para antes del año 2000, 15 publicaciones (41%) entre el 2000 y 2007 y tan solo 6 publicaciones (16%) abarcaba un periodo de análisis posterior al año 2007, siendo el año 2010 la fecha más reciente entre los estudios realizados e indicando una falta de datos e información más reciente sobre los procesos de cambio de cobertura forestal en la PY.

Los estudios sobre cambio de cobertura y uso de suelo en la PY que comprenden periodos que inician antes del 1960 son solo cuatro (11%) y se basan principalmente de revisiones documentales e históricas. La mitad de los estudios, 20 publicaciones (54%), se basaron en análisis de sensores remotos, entre ellos 17 fueron basadas en imágenes satelitales LANDSAT, un estudio utilizó imágenes SPOT, otro empleó imágenes MODIS y dos involucraron fotos aéreas. Otros 7 estudios se basan en fuentes de información o estadísticas nacionales del gobierno federal (por ejemplo, INEGI, INF de la CONAFOR y SAGARPA) y el resto de los estudios (6) fueron basados en el uso de encuestas a productores u hogares y modelos econométricos. Cabe mencionar que entre los estudios casi la mitad (18) eran a escala local, solo dos analizaron cambio de cobertura y uso de suelo a escala municipal y el resto (17) abarcaban áreas más extensas o regiones dentro de la PY.

La **Tabla 2** indica la representación geográfica de los estudios mediante su número geoposicionado en el mapa de la PY (**Fig. 1**). Adicionalmente se resume el cambio de cobertura y uso de suelo reportado, así como las causas directas y subyacentes. La mayoría de los estudios seleccionados para la revisión involucraron solo el estado de Campeche, y 12 de los 15 fueron en la región sureste del estado donde se ubica la Reserva de la Biósfera Calakmul (RBC). La región de la RBC es de mucho interés para el monitoreo de la deforestación por su gran importancia para la conservación a nivel nacional e internacional. Es más, 10 de los estudios se realizaron en la región de la RBC, abarcando una extensión de 22 000 km² del sur del estado, y se asocian con el proyecto *Southern Yucatan Peninsular Region* de la Universidad de Clark desarrollado a finales de los 1990s y principios de los 2000s (Turner et al. 2001).

Otras 5 publicaciones comprenden análisis que se realizan dentro de los estados de Campeche y Quintana Roo. Estos coinciden con el sur de la PY, la RBC, la Zona Maya y el municipio de Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo, el municipio de Hopelchén en Campeche, y la región del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) que se localiza entre los dos estados en el sur de la PY. Los 11 estudios realizados en el estado de Quintana Roo son mayormente a escala local y se realizaron en la Zona Maya en la parte central del estado, en la zona del corredor turístico al noreste del estado, y de la Costa Maya y la capital Chetumal al sur del estado. En el estado de Yucatán solo se obtuvieron 5 publicaciones donde se reportan cambios en cobertura forestal y uso de suelo, en el noroeste en los alrededores de la ciudad de Mérida, así como en el centro y noreste del estado colindando con Quintana Roo. Finalmente, hubo una publicación que analizó los tres estados que comprenden la PY en México, enfocado en los impactos de perturbaciones naturales en los procesos de cambio en cobertura forestal y a una escala peninsular aplicando imágenes satelitales MODIS (Mascorro et al. 2014).

El mapa (**Fig. 1**) muestra la ubicación del cambio en cobertura y uso de suelo en la PY reportado por publicación señalado con determinado número y si el estudio fue a escala local, municipal o regional. Adicionalmente, muestra las zonas deforestadas entre el 2001 y 2013 de acuerdo a los datos de Global Forest Watch (**Fig. 1; Hansen et al. 2013**). Es evidente que muchas áreas que presentan mayores procesos de deforestación en la PY de acuerdo a los datos de Hansen et al. (2013) no han sido estudiadas y no se dispone de información y datos sobre cambio de cobertura y uso de suelo. Curiosamente, hay una gran cantidad de estudios de deforestación y reportes de cambio de cobertura y uso de suelo donde aparentemente hay menores cambios por deforestación de acuerdo a los datos de Hansen et al. (2013), como se observa en la región de la RBC en Campeche y la Zona Maya en Quintana Roo. A continuación detallamos por estado los cambios de cobertura y uso de suelo y las causas directas y subyacentes de los cambios reportados en las publicaciones seleccionadas y resumidas en la **Tabla 2**.

Campeche

La mayoría de los estudios en Campeche han sido a escala regional, dos de ellos a nivel estatal. Para el estado se ha reportado 28 000 ha anuales deforestadas con una tasa de deforestación de 0.6% entre los años 1976 y 1998 (Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011) y 0.74% entre 1976 y 2005 (Martínez-Romero y Esparza-Olguín 2010). La causa directa se asocia con el cambio de uso de suelo, mayormente para la ganadería, seguido por la agricultura y urbanización. Las zonas del estado con mayores procesos de deforestación ha sido en Los Chenes, Candelaria y Valle de Edzna en el oeste, suroeste y centro del estado respectivamente y se asocian con factores subyacentes de políticas públicas de colonización de nuevos núcleos agrarios o ejidos y programas de subsidios agropecuarios durante los 1990s como PROCAMPO y ASERCA, Alianza para el Campo y PROGAN (Esparza-Olguín y Martínez Romero 2011; Martínez-Romero y Esparza-Olguín 2010).

En la RBC, se concentra el mayor número de estudios, se reportan procesos de deforestación, aunque en menor escala que en otros municipios del estado. Por ejemplo: 0.4% del 1969 al 1997 (Busch y Vance 2011), 0.4% del 1987 al 1995 (Vester et al. 2007), 0.3% del 1997 al 2003 (Busch y Vance 2011) 0.2% del 1987 al 2000 (Vester et al. 2007), 0.12% del 1990 al 2000 (Ramírez-Delgado et al. 2014) y 0.06% del 2000 al 2006 (Ramírez-Delgado et al. 2014), mostrando una tendencia de reducción. Un estudio que analizó un ejido de 5000 ha en la región de la RBC reportó una deforestación de 5% anuales entre el 1970 y 1995, demostrando el rápido proceso de deforestación dentro de un nuevo núcleo ejido en la región (Díaz-Gallegos et al. 2001). Más aún, Díaz-Gallegos et al. (2008) reportan una tasa de deforestación de 0.6% entre el 1980 y 2000 para la región del CBM, una región que abarca mayormente la zona de la RBC al sur y oeste de Campeche y la zona Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an en el centro de Quintana Roo.

Las causas directas en la región de la RBC se atribuyen a cambios de uso de suelo para la ganadería y agricultura, particularmente el cultivo de chile en los 1990s (Ramírez-Delgado et al. 2014; Kleipis y Vance 2003; Turner et al. 2001), sin embargo existen causas subyacentes las cuales están asociadas con los programas de desarrollo agropecuario y subsidios como el mercado de chile (Ramírez-Delgado et al. 2014; Radel et al. 2010; Schmook y Vance 2009; Kleipis y Vance 2003; Turner et al. 2001). Algunos estudios más puntuales en ejidos mencionan el incremento de población en la región (Martínez Romero 2010; Díaz-Gallegos et al. 2001) y Schneider y Fernando (2010) mencionan un aumento en la degradación de suelos por la invasión del helecho (*Pteridium*) en cultivos y potreros de la PY.

Cortina Villar et al. (1999) en su estudio para la zona de la carretera Escárcega- Xpujil, describió los impactos de las causas subyacentes de programas de colonización y desarrollo de infraestructura durante los 70s y 80s; reportando una tasa de 0.15% para el periodo 1975-1986 que aumenta a 0.54% para el periodo 1986-1990.

Tabla 1. Lista de publicaciones sobre el cambio de cobertura y uso de suelo en la Península Yucatán ordenados por estado.**Table 1.** List of publications on land cover/land use change in the Yucatan Peninsula ordered by state.

Estado	Año	Área de Estudio	Escala	Periodo de Análisis	Fuente de Datos	Referencia
Campeche	2001	Ejido Guadalupe en la Reserva de la Biosfera Calakmul	Local	1970-1995	Fotos Aéreas	Díaz-Gallegos et al. 2001
	2001	Región sur de la Península Yucatán / Reserva de la Biósfera Calakmul	Regional	1987-1997	LANDSAT	Turner et al. 2001
	2003	Región sur de la Península Yucatán / Reserva de la Biósfera Calakmul	Regional	1986-1997	Encuestas de productores	Klepeis y Vance 2003
	2007	La Montaña, Sur de Municipio de Hopelchén, Campeche	Local	1988-2000 y 2000-2005	LANDSAT	Porter-Bolland et al. 2007
	2007	Región sur de la Península Yucatán / Reserva de la Biósfera Calakmul	Regional	1987-2000	LANDSAT	Vester et al. 2007
	2009	Región sur de la Península Yucatán / Reserva de la Biósfera Calakmul	Regional	1997-2003	Encuestas de productores	Schmook y Vance 2009
	2010	Región sur de la Península Yucatán	Regional	1997-2003	Encuestas de productores	Radel et al. 2010
	2010	5 Ejidos en Calakmul, Campeche	Local	1976-2008	INEGI	Martínez Romero 2010
	2010	Reserva del Biósfera Calakmul, México	Local	1989-2005	LANDSAT	Schneider y Fernando 2010
	2010	96 Ejidos sur de la Península Yucatán. Zona de la Reserva Calakmul	Regional	1984-1993 y 1993-2000	LANDSAT	Rueda 2010
	2010	Región sur de la Península Yucatán / Reserva de la Biósfera Calakmul	Regional	1997-2003	Encuestas de productores	Busch y Geoghegan 2010
	2010	Estado de Campeche	Regional	1990-2010	INEGI	Martínez Romero y Esparza Olguín 2010
	2011	Estado de Campeche	Regional	1976-1998, 1998-2002, 2002-2009	INEGI y INF	Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011
	2011	Región sur de la Península Yucatán / Reserva de la Biósfera Calakmul	Regional	1969-1997 y 1997-2004	LANDSAT y Encuestas a productores	Busch y Vance 2011
2014	Región sur de la Península Yucatán / Reserva de la Biósfera Calakmul	Regional	1990-2000 y 2000-2006	LANDSAT	Ramírez-Delgado et al. 2014	
Campeche y Quintana Roo	1999	Zona sur Campeche y Quintana Roo por carretera Escárcega-Chetumal (Excluye zona de RBC)	Local	1975-1990	LANDSAT	Cortina Villar et al. 1999
	2005	Región este y sur de la Península Yucatán	Regional	1990-2000	Revisión documental	Bray y Klepeis 2005
	2008	Zona Maya, Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo y Región La Montaña, Municipio Hopelchén, Campeche	Local	1988-2000 y 2000-2005 La Montaña y 1984-2000 y 2000 - 2004 Zona Maya	LANDSAT	Ellis y Porter-Bolland 2008
	2008	Corredor Mesoamericano incluye la franja de las reservas Calakmul y Sian Kaan. Municipios Felipe Carrillo Puerto, Othón P. Blanco (Quintana Roo) y Calakmul (Campeche)	Regional	1980-2000	INEGI y INF	Díaz-Gallegos et al. 2008
	2014	Ejidos en Municipios de Hopelchén y Calakmul en Campeche y Felipe Carillo Puerto y Othón P. Blanco en Quintana Roo	Municipal	1988-2010	LANDSAT	Ellis et al. 2015
Campeche, Quintana Roo y Yucatán	2014	Península Yucatán	Regional	2005-2010	MODIS	Mascorro et al. 2014
Quintana Roo	2004	Zona Maya, centro de Quintana Roo. Municipios de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos	Local	1976-1984 y 1984-2000	LANDSAT	Bray et al. 2004
	2005	Ejidos Úrsulo Galván, Laguna Guerrero, Luís Echeverría	Local	1990-2000	LANDSAT	García-Rubio et al. 2005
	2005	Cancún, Riviera Maya	Regional	1960-1998	Revisión documental	Torres y Momsen 2005
	2006	Ejido de Xmaben, Municipio Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	Local	1976-2000 (1988, 1991 y 1997)	LANDSAT	Dalle et al. 2006
	2007	Zona de Cancún, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo	Local	1960-2007	Revisión documental	Murray 2007
	2007	Solferino y San Ángel, Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	Local	1979-2000	LANDSAT	Dupuy-Rada et al. 2007
	2007	Ejidos forestales en centro de Quintana Roo, Municipio Felipe Carrillo Puerto.	Local	1980-2000	INEGI y INF	Duran-Medina et al. 2007
	2007	Otoch Ma'ax y Yetel Kooch NPA en el noreste de la Península del Yucatán	Local	1999-2003	Fotos Aéreas	García-Frapolli et al. 2007
	2008	Corredor Turístico Cancún-Tulum	Local	1972-2006	LANDSATy SPOT	Hirales-Cota et al. 2010a
	2010	Franja de costa de Mahahual a Xcalak, Municipio Othón P. Blanco, Quintana Roo	Local	1995-2007	LANDSAT	Hirales-Cota et al. 2010
	2013	8 ejidos en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	Local	1984-2000 y 2000-2007/2010	LANDSAT	DiGiano et al. 2013
Yucatán	1999	Municipio Sotuta, Yucatán.	Local	1985-1995	LANDSAT	Sohn et al. 1999
	1993	Noroeste del Estado de Yucatán	Regional	1940-1991	Revisión documental	Baños Ramírez 1993
	2005	Hocabá Yucatán	Local	1997-2005	Encuestas de productores	Bautista-Zuñiga et al. 2005
	2010	Estado de Yucatán	Municipal	2001-2004	SAGARPA	Ramírez-Cancino y Rivera-Lorca 2010
	2010	Estado de Yucatán	Regional	1969-2006	INEGI	Eastmond y García de Fuentes 2010

Tabla 2. Cambio de cobertura y uso de suelo en la Península Yucatán y las causas directas e indirectas identificadas en las publicaciones seleccionadas.
Table 2. Land cover/land use change and proximate and underlying causes identified in the selected publications.

# Mapa	Cambio de Cobertura y Uso de Suelo	Causas Directas	Causas Subyacentes	Referencia
1	Conversión de uso de suelo henequenero a urbano mediante la población que hace una transición de economía rural a urbana.	Urbanización	Expansión urbana y de industrialización, crecimiento poblacional y de mercados y empleos.	Baños Ramírez 1993
2	17 000 ha por cultivos de roza-tumba y quema entre 1997 y 2005 de 126 000 ha.	Agricultura	PROCAMPO.	Bautista-Zuñiga et al. 2005
3	Conversión de áreas forestales hasta los 1960s era muy poca debido a la actividad chiclera y de concesiones forestales en la región. Desde los 1960s se establecen ejidos pequeños con fines agrícolas. En el sur de Yucatán hubieron procesos de colonización dirigida en los 1970s y 1980s.	Agricultura y Ganadería	Factores económicos, políticos e institucionales son claves en influir en las dinámicas de deforestación tanto como de conservación de cobertura forestal.	Bray y Klepeis 2005
4	0.4% del 1976 al 1984 mayormente programas ganaderos y milpa y 0.1% del 1984 al 2000.	Agricultura RTQ y Ganadería	Modelos estadísticos para evaluar determinantes detectaron distancia a poblados y población ejidal (nuevas poblaciones en ejidos nuevos pequeños y crecimiento en ejidos antiguos grandes) como determinantes importantes de la deforestación entre 1976 y 1984. Entre 1984 y 2000 se indentifican distancia a caminos, edad del ejido, volumen de madera extraída por ejido como determinantes de deforestación. Para la variable de volumen entre menor aprovechamiento mayor probabilidad de deforestación.	Bray et al. 2004
5	Reducción en áreas con cultivos y expansión en áreas ganaderas por unidad domestica debido a factores de mano de obra familiar y menor requisitos de mano de obra para ganadería durante el periodo 1997 al 2003.	Ganadería	Falta de mano de obra, disponibilidad de tierra y bajo requerimiento de mano de obra conducen a la expansión de potreros.	Busch y Geoghegan 2010
6	0.32-0.39 del 1969-1997 y 0.28% del 1997-2003. Potrero aumentó con una tasa de 0.67 y cultivos disminuye a 0.39%.	Ganadería	Créditos y subsidios ganaderos impulsados desde programas del Banco Mundial y por programas a nivel Federal.	Busch y Vance 2011
7	Pérdida de 25% de las selvas en la zona. En 1986 se calcula 184000 hectareas de selvas perdidas por colonización. Tasa de -0.27% 1975-1984 y 0.33 1984-1990 en Sur Quintana Roo. Tasa de -0.15% 1975-1986 y -0.54 1986-1990 en Sur Campeche.	Agricultura y Ganadería	En los 1970s programas de colonización dirigida del gobierno federal. Programas de Gobierno.	Cortina Villar et al. 1999
8	Tasas de 0.6%-0.7% anuales entre 1976 y 2000. Alto en comparacion a la región y otros ejidos.	Agricultura RTQ	Necesidad de ingresos, subsistencia, economía y mercados, construcción de nuevos caminos. PROCAMPO solo para milpas en acahuales.	Dalle et al. 2006
9	Deforestación de 1244 ha de selva mediana de un total de 4919 ha entre 1970 y 1995 con tasa anual de 5%. Poca alteración de selva baja por limitaciones hídricas y edáficas.	Agricultura	Crecimiento de población 8.6%.	Díaz-Gallegos et al. 2001
10	Corredor Calakmul Sian Kan 0.6% de 1980 al 2000, 497 000 ha y expansión de 285 500 ha de pastizal y agricultura temporal 198 000 ha.	Ganadería	Economía y políticas de desarrollo ganadero.	Díaz-Gallegos et al. 2008
11	Matenimiento de cobertura entre 1984 y 2000 en 6 ejidos con excepción de Nueva Loria y Reforma Agraria con 0.31 y 0.55% de deforestación. 7 de 8 con deforestación del 2000 al 2007/2010. Reforma Agraria mayor con 2.3% de deforestación, seguido por Nvo. Israel (1.6%), Nueva Loria (0.8%) y Tihosuco (0.65%).	Agricultura RTQ y Ganadería	Políticas y cambios formales e informales en los regímenes de tenencia de la tierra en ejidos. Tenencia de la tierra influye. Ejidos de propiedad comun tienen menor extensión de áreas agrícolas por familia y en total y demuestran menor deforestación.	DiGiano et al. 2013
12	Recuperación de cobertura forestal debido a revegetación de áreas quemadas que era la cobertura dominante de 1979. Pérdida de cobertura por ganadería. Tasa de recuperación de 0.32% del 1979 al 2000.	Ganadería	Programas federales ganaderos.	Dupuy et al. 2007
13	Ganancia de cobertura de 0.63% entre el 1980 y 2000.	Agricultura y Ganadería	Deforestación anterior por programas ganaderos finales de los 1970s.	Duran-Medina et al. 2007
14	Deforestación por ganadería y agricultura. Agricultura disminuye de 1969 a 1994 y de nuevo sube en 1997 y 2006. La superficie cultivada de Yucatán ha aumentado de 604 951 ha en 1970 a 780 246 ha en 2006. La Ganadería aumenta progresivamente con la excepción de menor actividad en 2006. 72% superficie en pastos y 21% en Maíz, 3% cítricos, 4% otros.	Agricultura y Ganadería	Desarrollo Agropecuario.	Eastmond y García de Fuentes 2010
15	Deforestación 0.3% (1988-2000) y 0.7% (2000-2005) en La Montaña y Conservación -0.0004 (1984-2000) y 0.002 (2000-2004) en la Zona Maya.	Agricultura RTQ y Ganadería	Suelos influyen en áreas deforestadas y convertidas a pastizal en La Montaña con preferencia ecotonos entre selvas inundables y partes altas, infraestructura, cercanía de caminos y poblados, políticas de desarrollo agrícola (PROCAMPO). Expansión Menonita y población en La Montaña. Roza-tumba-quema para subsistencia en Zona Maya no afecta mucho la deforestación.	Ellis y Porter-Bolland 2008

Tabla 2 (continuación).

Table 2 (continuation).

# Mapa	Cambio de Cobertura y Uso de Suelo	Causas Directas	Causas Subyacentes	Referencia
16	Tasa de 0.57 1976-1998: Ganadería y agricultura incrementan 4% por año 18 000 ha y 10 000 respectivamente y asentamientos 8.8%. Tasas anuales de 1995-2000 = 0.53% y 2000 a 2010 = 0.43%.	Agricultura, Ganadería y Urbanización	Expansión agrícola, modernización de la frontera agrícola y políticas públicas de nuevos núcleos agrarios y ganaderos en los Chenes, Proyecto Candelaria. El Camino Real y Valle de Edzna. En los 90s programas de PROCAMPO y ASERCA, Alianza para el Campo y PROGAN. Crisis agropecuaria en 1997 y 1998.	Esparza-Olguín y Martínez Romero 2011
17	Entre 1999 y 2003 sin cambios en vegetación madura, incremento en vegetación secundaria, sin cambios en uso de suelo para milpa.	Milpa	Ecoturismo ayuda disminuir expansión de milpa y deforestación para mejorar habitat de monos.	García-Frapolli et al. 2007
18	0.6% Recuperación de selvas o cobertura forestal. Deforestación por ganadería recreativa entre el 1990 y 2000.	Recuperación en áreas de proyectos fallidos del Programa Nacional de Desmontes, cercanía a capital Chetumal como fuente de empleo	Apoyos y subsidios de gobierno.	García-Rubio et al. 2005
19	0.85% pérdida de manglar entre 1995 y 2007.	Urbanización y Desarrollo Turístico	Desarrollo turístico.	Hirales-Cota et al. 2010
20	Expansión de áreas en cultivo de chile y potreros entre 1987 y 1997.	Agricultura y Ganadería	PROCAMPO.	Klepeis y Vance 2003
21	Deforestación y aumento de acahuales entre 1976 y 2008.	Agricultura y Ganadería	Crecimiento de población y migración.	Martínez Romero 2010
22	4.5% del 1978 al 1992 y 10.5% pérdida de cobertura del 1976 al 2000. Tasa de deforestación estatal de 1976 al 2005 es de 0.6 a 0.74%. 70s y 80s mucha ganadería por Candelaria, Valle Edzna y Los Chenes.	Agricultura, Ganadería y Urbanización	Desarrollo económico, demográfico por migración. Proceso de colonización, modernización de tecnología agrícola, políticas públicas para desarrollo agrícola. Nuevos núcleos agrarios y ganaderos. Programas PROCAMPO y PROGAN.	Martínez Romero y Esparza Olguín 2010
23	Aproximadamente 120 000 ha por incendios 58% noreste de Quintana Roo. Impactos de huracanes Wilma, Dean y Emily es de 35 509 ha. Agricultura permanente (mecanizado) en el centro y oeste de Campeche aumenta a 42 000 ha entre 2005 y 2010.	Agricultura y expansión urbana. Incendios	Incendios un factor importante, expansión de poblados.	Mascorro et al. 2014
24	De 3364 km ² totales se perdieron 25 km ² de manglar, 45 km ² de popal, 96 km ² de selva baja y 79 km ² de pastizal, mientras que se ganaron 138 km ² de asentamientos humanos y 285 ha de selva mediana secundaria del 1972 al 2006.	Ganancia de selva mediana por pérdida de pastizal y pérdida de manglar, popal y selva baja por crecimiento urbano y turístico	Expansión urbana y desarrollo turístico.	Hirales-Cota et al. 2010a
25	Expansión urbana por crecimiento de economía e industria turística.	Urbanización	Economía de turismo, capital y mercado extranjero.	Murray 2007
26	0.3% 1988-2000 y 0.7% 2000-2005.	Agricultura y Ganadería	Cercanía a caminos y poblados, suelos (cercanía a bajos inundables) impulsados por factores económicos e institucionales como políticas públicas.	Porter-Bolland et al. 2007
27	Estrategias productivas no han cambiado mucho en la region en base a encuestas a hogares, sin embargo hay una mayor proporción de productores abandonando tierras o intensificando y comercializando su agricultura con cultivo de chile durante el periodo 1997 al 2003.	Agricultura y Ganadería	Programas PROCAMPO y Oportunidades son centrales para ingresos a hogares y actividades agrícolas.	Radel et al. 2010
28	En el estado de Yucatan la superficie ganadera incrementa del 19% (758 027 ha) al 21% (845 986 ha) del estado y cabezas de ganado de 58 514 a 748 911 del 2001 al 2004. Municipios principales, Tizimin, Panaba, Sucilá, Buctutz y San Felipe.	Ganadería	Políticas y programas de gobierno.	Ramírez-Cancino y Rivera-Lorca 2010
29	17.65 km ² /año o 0.12% pérdida anual. Más deforestación en 1990-2000 con 23.30 km ² /año o 0.15% y 8.23 km ² (0.06%) del 2000 al 2006.	Agricultura y Ganadería	Mercado de Chile en los 1990s.	Ramírez-Delgado et al. 2014
30	Ejidotes en Calakmul tasa -0.2%, Hopolchén +0.2%, Felipe Carrillo Puerto -0.15% y Othón P. Blanco -0.6% entre 1988 y 2010.	Agricultura y Ganadería	En Hopolchén y Calakmul tipos de suelo influyen, como distancia a caminos y pendientes. En Carrillo Puerto y Othón P. Blanco la probabilidad de deforestación aumenta con cercanía a localidades, caminos y áreas de conservación reducen deforestación, menor densidad de población e índice de rezago social. Deforestación aumenta con superficie parcelada, avencindados y dotación reciente. En Felipe Carrillo puertos aumento poblacional. Número de ejidatarios. Efecto de Progamas PROCAMPO en algunos municipios.	Ellis et al. 2015

Tabla 2 (continuación).

Table 2 (continuation).

# Mapa	Cambio de Cobertura y Uso de Suelo	Causas Directas	Causas Subyacentes	Referencia
31	590 km ² de selva perdida entre 1984 y 1993 y 613 km ² entre 1993 y 2000 de 18900 km ² total. Deforestación mayormente en 96 ejidos bajo de 8% de pérdida del 1984 a 1993 al 0.5 del 1993 al 2000.	Agricultura y Ganadería	Superficie de área forestal, crecimiento de población y precipitación se asocia con deforestación. Deforestación disminuye de 1993 al 2003.	Rueda 2010
32	Aumento de áreas de agricultura impulsado por programa de PROCAMPO durante el periodo 1997 al 2003.	Agricultura y Ganadería	PROCAMPO y Alianza para el campo.	Schmook y Vance 2009
33	Se expande del 1989 a 2000 la superficie de pteridium de 40 a 80 km ² demostrando la expansión de la frontera agrícola y ganadera y disminuye de 80 a 60 km ² del 2000 al 2005 indicando menor deforestación y recuperación.	Agricultura RTQ y Ganadería	Degradación de suelos y potreros por invasión de Pteridium puede inducir la deforestación.	Schneider y Fernando 2010
34	Deforestación por expansión agrícola entre 1985 y 1995. Superficie de 18 000 ha por crecimiento en cultivos, Se pierden 16 000 ha de bosque maduro.	Agricultura	Ejidos de tamaño reducido y crecimiento poblacional.	Sohn et al. 1999
35	Aumento en áreas urbanas y asentamientos por desarrollo turístico y no se reflejó en un aumento en la producción agrícola en zonas aledañas entre los años 1960 y 1998.	Urbanización y Desarrollo Turístico	Planes de desarrollo económico.	Torres y Momsen 2005
36	Aumento de 473 a 592 km ² de agricultura, 18 a 92 km ² de áreas con pteridium, 847 a 1271 km ² de acahual y se perdieron 500 km ² de selvas medianas entre 1987 y 2000.	Agricultura y Ganadería	Economía y políticas públicas, infraestructura, PROCAMPO para ganadería.	Turner et al. 2001
37	Aumento de 40 000 ha en áreas abiertas y vegetación secundaria entre 1987 y 2000. Tasa anual de 0.2%, 0.4% antes de 1995 y 0.1 después de 1995.	Agricultura RTQ	Artículo con enfoque al impacto a la biodiversidad.	Vester et al. 2007

Estudios de Cambio de Cobertura

ESCALA

 Local

 Municipal

 Regional

 ejidos_campeche16n

 Área Natural Protegida

 Deforestado 2001-2013 (Hansen et al. 2013)

Porcentaje de Cobertura Arbórea

 Mayor : 100

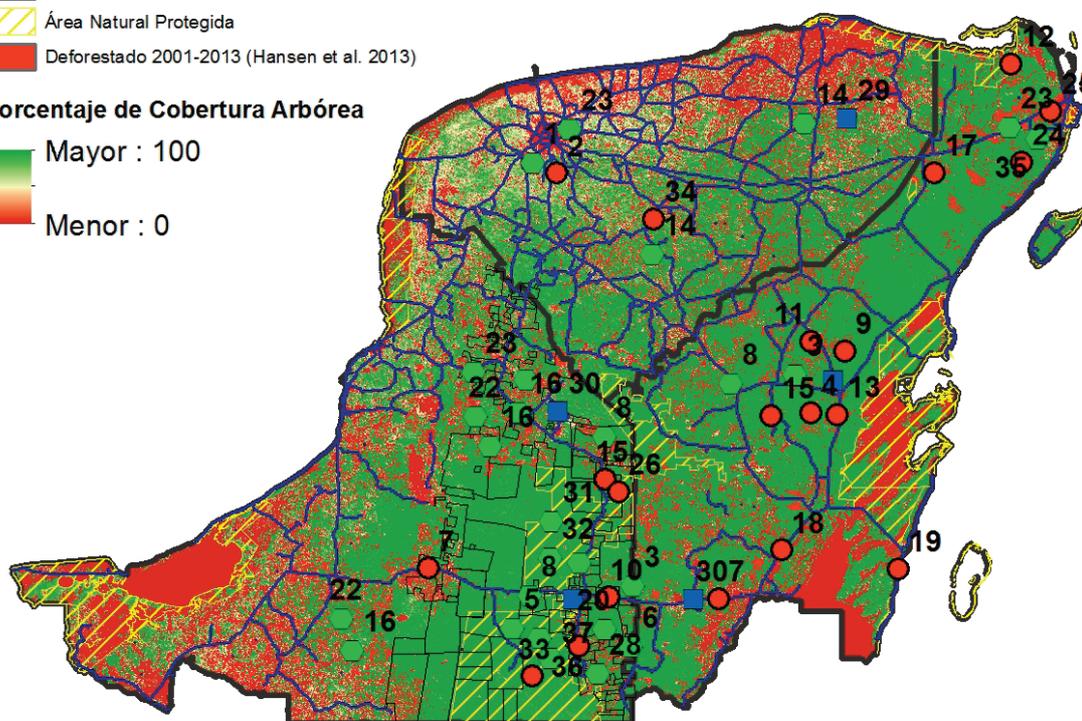
 Menor : 0


Figura 1. Localización geográfica y porcentaje de cobertura y uso de suelo en la Península Yucatán categorizado por escala de análisis (local, municipal y regional) reportado en las publicaciones seleccionadas; una publicación puede tener más de una localización en el mapa.

Figure 1. Geographical location and percent of forest cover in the Yucatan Peninsula categorized according to scale (local, municipal and regional) reported in the selected publications; a publication may have more than one location on the map.

Además en la Región de La Montaña en el centro-oeste del estado (Hopelchén) se reportaron tasas de deforestación de 0.3% entre 1988 y 2000 y de 0.7% entre 2000 y 2005, y las causas directas identificadas fueron la expansión de agricultura mecanizada y ganadería, el establecimiento de caminos, la venta y renta de tierras a menonitas y programas de subsidios para el desarrollo agropecuario (Ellis y Porter-Bolland 2008; Porter-Bolland et al. 2007). Un estudio a escala municipal evaluó los procesos y determinantes de deforestación en los ejidos de los municipios de Hopelchén y Calakmul del estado para el periodo 1988-2010, donde reportó que en Hopelchén existe una ganancia de cobertura forestal promedio de 0.2% dentro de la superficie ejidal y en Calakmul reporta una pérdida de 0.2% en propiedad ejidal, mientras que en el municipio de Hopelchén la mayor parte de deforestación se concentra en propiedad privada y tierras nacionales, en el municipio de Calakmul la mayores superficies de deforestación se localizan en los ejidos (Ellis et al. 2015). Las causas directas de deforestación identificadas en los ejidos de los dos municipios son la expansión agropecuaria y los factores subyacentes consisten en características de suelo, pendiente, programas de desarrollo agrícola, superficie parcelada y crecimiento poblacional en los ejidos por avocindados, estos factores más evidentes y significativos en el municipio de Calakmul (Ellis et al. 2015).

Quintana Roo

Para Quintana Roo se reportan 11 300 ha/año de pérdida de cobertura forestal (1993-2002), lo que equivale una tasa entre 0.3 y 0.4% anual para ese periodo, la mitad de la tasas calculadas para Campeche y el estado de Yucatán para ese periodo (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010). Como ya se ha mencionado, la gran mayoría de estudios en el estado de Quintana Roo fueron a escala local y en comparación a Campeche, espacialmente mejor distribuidos por el territorio. Cortina-Villar et al. (1999) reporta una tasa de deforestación de 0.27% entre el 1975 y 1984 para un área de estudio al sur del estado donde se construyó la carretera principal que une Quintana Roo con el resto del país en 1970; sin embargo, se recupera la cobertura forestal entre 1984 y 1990 con una tasa de 0.33%. Esta tendencia se debió a los programas de colonización por el gobierno federal y proyectos agropecuarios de gran escala durante la década de los 1970s y principios de los 1980s que luego fracasaron y se abandonaron propiciando la recuperación de cobertura forestal en algunas zonas (Bray y Klepeis 2005; Cortina-Villar et al 1999). García et al. (2005) reporta una tendencia similar de recuperación de selvas (0.6 %) entre 1990 y 2000 en 3 ejidos de la zona sur cerca de la capital Chetumal, señalando los mismos motivos de proyectos agropecuarios en los 1970s y 1980s que fueron abandonados. En contraste, Ellis et al. (2015) reporta una tasa de deforestación de 0.6% entre 1988 y 2010 en todos los ejidos agrarios del municipio Othón P. Blanco que comprende el sur del estado, indicando procesos de deforestación que continuaron después del año 2000. Las causas directas atribuidas a la deforestación en la zona sur del estado es la expansión del uso de suelo ganadero y agrícola impulsada por factores subyacentes como las políticas de desarrollo y subsidios (PROCAMPO) y crecimiento poblacional (Ellis et al. 2015; Díaz-Gallegos et al. 2008; Bray y Klepeis 2005).

La expansión urbana y de infraestructura (causa directa) relacionada con el desarrollo turístico (factor subyacente) también se ha asociado con la deforestación en Quintana Roo, particularmente en las regiones costeras del noreste y este del estado. Murray (2007) y Torres y Momsen (2005) describen los procesos de cambio de cobertura de suelo por la urbanización y migración ocasionada por el desarrollo turístico en la zona de Cancún y la Riviera Maya al norte del estado. Se reportó una pérdida de 25 km² de manglar y 96 km² de selva baja debido a la conversión de uso de suelo para asentamientos humanos e infraestructura en el Corredor Turístico Cancún-Tulum (Hirales-Cota et al. 2010a). En una franja costera de la Costa Maya por el poblado de Mahahual al sureste del estado se reportó una pérdida anual de 0.85% de manglares entre 1995 y 2007 debido a la urbanización por el desarrollo turístico (Hirales-Cota et al. 2010b).

Cabe mencionar que los impactos en la cobertura forestal por huracanes e incendios en el norte de Quintana Roo reportan 120 000 ha perdidas por incendios y por el huracán Wilma en 2005 para el periodo 2005 y 2010 (Mascorro et al. 2014). En el Municipio Lázaro Cárdenas al norte del estado, se reportó una tasa de recuperación forestal de 0.32% (1979-2000) en áreas que previamente tuvieron incendios, resaltando con ello a los incendios como agentes de cambio de cobertura forestal, sin embargo continúan procesos de deforestación-urbanización alrededor de las localidades de este municipio (Dupuy-Rada et al. 2007).

La mayoría de los estudios se localizaron en la Zona Maya en el centro del estado y a escala local. Esta región ha generado interés internacional por su historia reciente de conservación y manejo de recursos naturales por las comunidades locales, muchas de origen Maya, y se han demostrado tasas bajas de deforestación o mantenimiento en su cobertura forestal en las últimas décadas (Bray et al. 2004; Ellis y Porter-Bolland 2008; Ellis et al. 2015). Bray et al. (2004) reportan una tasa de pérdida de cobertura forestal de 0.4% entre el 1976 al 1984 en la Zona Maya que disminuye a 0.1% entre el 1984 al 2000. Ellis et al. (2015) reporta una tasa de pérdida similar de 0.1% entre 1988 y 2010 para todos los ejidos localizados en el municipio Felipe Carrillo Puerto, donde se encuentra la Zona Maya. Esta reducción en la tasa de deforestación en la zona centro se atribuye en parte a que los ejidos de esta zona han tenido un uso de suelo con manejo forestal comunitario establecido formalmente desde los 1980s, lo que ha propiciado un mantenimiento en la cobertura forestal (Ellis y Porter-Bolland 2008; Bray et al. 2004). Dentro de los ejidos que participan en el manejo forestal se han reportado tasas más bajas y hasta recuperación de cobertura forestal, por ejemplo Ellis y Porter-Bolland (2008) reportan una recuperación de 0.002% en ejidos forestales del sur de Quintana Roo y Duran-Medina et al. (2007) reportan una recuperación de 0.63% entre 1980 y 2000 en Quintana Roo. Di Giano et al. (2013) también reporta menor deforestación en ejidos que mantienen su territorio con tenencia comunal y con manejo forestal en una comparación de ocho ejidos en la Zona Maya y García-Frappolli et al. (2007) reporta una recuperación de cobertura forestal y mantenimiento de selva conservada en un ejido debido actividad ecoturística en la región. El caso de la Zona Maya en la PY demuestra el potencial de diferentes actividades productivas que pueden reducir la deforestación y a la vez beneficiar las comunidades económicamente.

Yucatán

Los estudios y datos que se han generado sobre la deforestación y cambio de uso de suelo en el estado de Yucatán son mucho menores de las que se observan para los estados de Campeche y Quintana Roo y recalca la necesidad de disponer de mayor información. Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez (2010) reportan a nivel estatal una tasa anual de deforestación de 0.8% entre el 1993 y 2002. Un estudio seleccionado a escala estatal puntualizó que la deforestación fue por un aumento de la superficie para el uso de suelo ganadero y agrícola de 604 951 ha en 1970 a 780 246 ha en 2006 (Eastmond y García de Fuentes 2010). Otro estudio también indicó el aumento en la deforestación propiciando nuevos terrenos para uso ganadero que incrementó de 758 027 ha a 845, 986 ha del 2001 al 2004, específicamente en la región noreste en los municipios de Tizimín, Buctzotz, Panabá, Sucilá y San Felipe al noreste del estado (Ramírez-Cancino y Rivera-Lorca 2010).

En el noroeste del estado, Baños (1993) describe los procesos de cambio de uso de suelo por los procesos de expansión urbana en los alrededores de la capital Mérida, mucho de la cual implicó una re-conversión de plantaciones de henequén, algunos que existen desde épocas coloniales. En ese sentido, comparado a Campeche y Quintana Roo, la deforestación en Yucatán ha estado más presente desde épocas coloniales, particularmente para plantaciones de henequén y para la ganadería. En el centro del estado, un estudio a escala local describe la pérdida de cobertura forestal de 16 000 ha entre el 1985 y 1995 para cultivos, mayormente maíz (Sohn et al. 1999) y otro estudio más reciente a escala local reporta

una pérdida similar de 17 000 ha por cultivos de roza, tumba y quema para maíz (Bautista-Zuñiga et al. 2005). Estos estudios atribuyen la deforestación por el cambio de uso de suelo para agricultura, por el crecimiento poblacional que ejerce mayor presión para el uso de suelo agrícola y los programas del gobierno para el desarrollo agrícola como PROCAMPO.

Conclusiones y Discusión

La revisión de literatura sobre los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo en la PY presentados en este artículo proporcionan mayor detalle y claridad sobre los procesos de deforestación en esta región, comparado a las estadísticas y estudios a escala nacional, utilizados con frecuencia para reportar y monitorear la deforestación en México y cuyas cifras han variado muchísimo (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010; Mas et al. 2002, 2004, 2009; Velázquez 2008). Este trabajo muestra la pérdida de cobertura forestal mediante los procesos de deforestación en los bosques tropicales de los estados de la PY, los cuales han sufrido mayor afectación que otros ecosistemas. Particularmente en los estados de Yucatán y Campeche, reportaron tasas de pérdida de cobertura forestal de entre 0.6-0.8% (Martínez-Romero y Esparza-Olguín 2010; Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011), para el trópico mexicano se reportó una tasa de 0.2-0.5% y a nivel nacional (0.2-0.3%) durante las décadas del 1990 y 2000 siendo casi el doble para los dos estados de la PY (FAO 2015). Por otro lado, la literatura revisada confirma una tendencia general en la reducción de las tasas anuales de deforestación (entre 0.1 y 0.3%) después del 2000 en diferentes localidades y regiones de la PY (Busch y Vance 2011; Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011; Bray et al. 2004), tendencia que igualmente se ha reportado en las cifras nacionales (FAO 2015).

El cambio de uso de suelo para la actividad ganadera es la causa directa más importante en cuanto a la distribución y superficie deforestada en la PY. Las regiones con mayores pérdidas de cobertura forestal por la ganadería incluyen la región suroeste, centro y norte del estado de Campeche (Martínez-Romero y Esparza-Olguín 2010; Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011), noreste de Yucatán (Ramírez-Cancino y Lorca 2010) y sur de Quintana Roo (Ellis et al. 2015) y se le atribuye la expansión de esta actividad productiva a los programas de colonización en los 1970s y 1980s, el crecimiento poblacional y los programas e incentivos para el desarrollo ganadero como PROGAN (Martínez-Romero y Esparza-Olguín 2010; Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011; Ramírez-Cancino y Lorca 2010; Ellis et al. 2015). En la región de la RBC al sureste del estado de Campeche, la ganadería también ha sido una causa principal de la deforestación aunque en menor grado.

La agricultura también ha sido una causa principal en la pérdida de cobertura forestal, y en la PY se distingue entre agricultura tradicional migratoria de roza-tumba y quema principalmente para subsistencia (milpa) y agricultura comercial, generalmente más tecnificada y mecanizada. La agricultura comercial mecanizada ha incidido en una mayor deforestación tanto en el norte y centro de Campeche (Martínez-Romero y Esparza-Olguín 2010; Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011) como en el sur de Quintana Roo (Ellis et al. 2015). La expansión en agricultura comercial en estas regiones se ha asociado a los programas de desarrollo agrícola en la región como PROCAMPO y mercados para cultivos como chile, soya y caña entre otros (Martínez-Romero y Esparza-Olguín 2010; Esparza-Olguín y Martínez-Romero 2011). En la región de la RBC, la agricultura comercial, especialmente para producción de chile en los 1990, fue responsable de mucha de la deforestación en la región (Turner et al. 2001; Kleipis y Vance 2003; Rueda 2010). La expansión de agricultura de milpa se reportó como causa de deforestación en lugares del este y centro del estado de Yucatán y esta tendencia se le asoció con el crecimiento poblacional y programas de desarrollo agropecuario como PROCAMPO (Eastmond y García de Fuentes 2010; Ramírez Cancino y Lorca 2010). El estudio de (Sohn et al. 1999) en el centro de Yucatán, describe como

el aumento de población y escasas de tierras para cultivar ha resultado en la apertura de nuevas áreas forestadas y la reducción del periodo de descanso de zonas cultivadas a tan solo 4 años, inhibiendo la recuperación de la cobertura forestal.

En contraste, se reportaron tasas bajas o nulas de deforestación (y en casos la recuperación de cobertura forestal) en la Zona Maya en el centro del estado de Quintana Roo (Bray et al. 2004; Ellis y Porter-Bolland 2008; Ellis et al. 2015) donde la mayoría de las comunidades practican agricultura de milpa (Bray et al. 2004). Una posible razón de las tasas bajas o nulas de pérdida de cobertura forestal en las zonas milperas de Quintana Roo se puede atribuir a que las prácticas de agricultura itinerante permiten un periodo adecuado para la recuperación de selva secundaria (entre 12 y 15 años) antes de reiniciar el ciclo, manteniendo así una cobertura de selva secundaria en zonas milperas (Bray et al. 2004). Más aún, también se le atribuye el mantenimiento de cobertura de selvas maduras en la Zona Maya por la actividad de manejo forestal comunitario en la región (Bray et al. 2004; Durán-Medina et al. 2007; Ellis y Porter-Bolland 2008) y en casos más particulares, por actividades de ecoturismo (Bray et al. 2004; García-Frapolli et al. 2007). Los estudios en la Zona Maya señalan el potencial de manejar las selvas de la región para la producción de productos maderables y no maderables y a la vez obtener beneficios ambientales, económicos y sociales.

Otras causas de los cambios en la cobertura forestal y uso de suelo en la PY ha sido el crecimiento urbano y de infraestructura. Este proceso se reporta para la región de la ciudad de Mérida en el noroeste del estado de Yucatán, impulsado por el crecimiento demográfico y económico de la ciudad (Baños Ramírez 1993) y en el norte de Quintana Roo con la migración y crecimiento poblacional impulsado por el desarrollo turístico (Torres y Momsen 2005; Murray 2007). Por otro lado, en el norte del estado de Quintana Roo se indicaron mayores impactos a la cobertura forestal por huracanes e incendios (Mascorro et al. 2014).

Esta revisión demuestra que los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo en la PY son variados dentro de la región y también han cambiado en las últimas décadas. Aunque las tendencias de deforestación disminuyen, aún se presentan regiones en la PY con problemas de pérdida de cobertura forestal que merecen ser estudiados. Es evidente que las estrategias, medidas y políticas desarrolladas para combatir la deforestación en la PY tendrán que adoptar un enfoque multi-sectorial y que involucre a todos los actores sociales. Este trabajo también señala la necesidad de más investigación sobre cambio de cobertura y uso de suelo en la PY, especialmente estudios más actualizados y en regiones que han sido más deficientes de información y datos. Se recomienda también, aprovechar la disponibilidad de datos y herramientas disponibles como Global Forest Change (Hansen et al. 2013) para apoyar y generar mayor investigación sobre el cambio de cobertura forestal, así como para actividades de monitoreo en la PY. Finalmente, para fines de mejorar el monitoreo por instituciones de gobierno o ONGs es indispensable mejorar la vinculación con los proyectos de investigación o estudios académicos que se realizan en la región.

Agradecimientos

Esta publicación ha sido posible gracias al generoso apoyo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos de su Acuerdo de Cooperación No. AID-523-A-11-00001 (Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México) implementado por el adjudicatario principal The Nature Conservancy y sus socios (Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable).

El presente estudio fue elaborado como contribución del Centro de Investigaciones de la Universidad Veracruzana y de Equilibrio en Conservación y Desarrollo, A.C. en su participación con el proyecto México REDD+.

Referencias

- Angelsen, A., Brockhaus, M., Susnderlin, W.D., Verchot, L.V. (eds). 2012. *Analysing REDD+ Challenges and choices*. CIFOR, Bogor, Indonesia. pp. 456
- Baños Ramirez, O. 1993. La Invasión Urbana: Mérida y la Zona Henequenera. En: VV.AA., Mérida (ed.). *El Azar y la Memoria*, Colección de Investigación Gaceta Universitaria. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.
- Bautista-Zúñiga, F., Garcia, J., Mizrahi, A. 2005. Diagnóstico campesino de la situación agrícola en Hocobá, Yucatán. *Terra Latinoamericana* 23:571-580.
- Bray, D.B., Klepeis, P. 2005. Deforestation, Forest Transitions, and Institutions for Sustainability in Southeastern Mexico, 1900–2000, *Environment and History* 11: 195-223.
- Bray, D.B., Ellis, E.A., Armijo-Canto, N., Beck, C.T. 2004. The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the "Maya Zone" in Quintana Roo, Mexico. *Land Use Policy* 21: 333-346.
- Busch, C., Geoghegan, J. 2010. Labor scarcity as an underlying cause of the increasing prevalence of deforestation due to cattle pasture development in the southern Yucatan region. *Regional Environmental Change* 10:191–203.
- Busch, B., Vance, C. 2011. The diffusion of cattle ranching and deforestation: prospects for a hollow frontier in Mexico's Yucatán, *Ruhr economic papers* No. 242, ISBN 978-3-86788-278-1.
- Céspedes-Flores, S., Moreno-Sánchez, E. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental* 2(2): 5-13.
- Challenger, A., Soberón, J. 2008. *Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México: 87-108.
- Cortina-Villar, S., Mendoza, P.M., Ogneva-Himmelberger, Y. 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.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) 2010. *Visión de México Sobre REDD+: Hacia una Estrategia Nacional*. CONAFOR, Zapopan, México, pp. 57.
- Couturier, S., Mas, J., López-Granados, E., Benítez, J., Coria-Tapia, V., Vega-Guzmán, Á. 2010. Accuracy assessment of the Mexican National Forest Inventory map: A study in four ecogeographical areas. *Singapore Journal Of Tropical Geography* 31(2):163-179. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00399.x>.
- Danielsen, F., Skutsch, M., Burgess, N., Jensen, P., Andrianandrasana, H., Karky, B. et al. 2011. At the heart of REDD+: a role for local people in monitoring forests? *Conservation Letters* 4(2): 158-167. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-263x.2010.00159.x>.
- Dalle, S. P., de Blois, S., Caballero, J., Johns, T. 2006. Integrating analyses of local land-use regulations, cultural perceptions and land-use/land cover data for assessing the success of community-based conservation. *Forest Ecology and Management* 222: 370-383.
- Díaz-Gallegos J.R., García G, Castillo O, March, I. 2001. Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul Campeche. *Investigaciones. Geográficas* 44:39-53.
- Díaz-Gallegos J., Mas, J. y Velázquez, A. 2008. Monitoreo de los patrones de deforestación en el Corredor Biológico Mesoamericano, México. *Interciencia* 33 (12): 882-890.
- Díaz-Gallegos, J., Mas, J., Velázquez, A. 2010. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal Of Tropical Geography* 31(2): 180-196. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00396.x>.
- DiGiano, M., Ellis, E., Keys, E. 2013. Changing Landscapes for Forest Commons: Linking Land Tenure with Forest Cover Change Following Mexico's 1992 Agrarian Counter-Reforms. *Human Ecology* 41(5): 707-723.
- Dupuy-Rada, J.M., González-Iturbe, J.A., Iriarte-Vivar, S., Calvo-Irabién, L. M., Espadas Manrique, C., Tun-Dzul, F., Dorantes-Euán, A. 2007. Cambios de cobertura y uso del suelo (1979-2000) en dos comunidades rurales en el noroeste de Quintana Roo, *Investigaciones Geográficas*, 62: 104-124.
- Durán-Medina, E., Mas, J.F., Velázquez, A. 2007. Cambios en las coberturas de vegetación y uso del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. En: Bray, D., Merino, L., Barry, D (eds.) *Los bosques comunitarios de México. Manejo sustentable de paisajes forestales*, pp. 267-302. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, DF., México.
- Eastmond, A., García de Fuentes, A. 2010. El impacto de los sistemas agropecuarios sobre la biodiversidad. En: Durán R., Méndez, M. (eds.), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*, pp 98-104. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. Yucatán, México.
- Ellis, E.A., Romero-Montero, A., Hernández-Gómez, I.U. 2015. *Evaluación y mapeo de los determinantes de deforestación en la Península Yucatan. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), The Nature Conservancy (TNC), Alianza México REDD+, México, DF., México.*
- Ellis, E., Porter-Bolland, L. 2008. Is community-based forest management more effective than protected areas? A comparison of land use/land cover change in two neighboring study areas of the Central Yucatan Peninsula, Mexico, *Forest Ecology and Management* 256: 1971–1983.
- Esparza-Olguín, L.G. y Martínez Romero E. 2011. Deforestación en Campeche: Causas y Efectos. *Revista Fomix Campeche* 3(10): 6-11.
- FAO 2015. Global Forest Resources Assessment. 2015. *Food and Agriculture Organization, FAO. Forestry Paper 163*. Roma, Italia.
- García-Frapolli, E., Ramos-Fernandez, G., Galicia, E., Serrano, A. 2007. The complex reality of biodiversity conservation through Natural Protected Area policy: three cases from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Land Use Policy* 26: 715–722.
- García R., Schmook B, Espejel. I. 2005. Dinámica en el uso del suelo en tres ejidos cercanos a la ciudad de Chetumal, Quintana Roo (Land use dynamics in three communities closet o Chetumal City, Quintana Roo). *Investigaciones Geográficas* 58:122–139.
- García-Mora, T.J., Mas, J.F. 2008. Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso de suelo en el sureste de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 67: 7-19.
- Geist, H.J., Lambin, E.F. 2001. *What Drives Tropical Deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence*. LUCR Report Series 4. Louvain-la-Neuve. Bélgica.
- Geist, H.J., Lambin, E.F. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52(2): 143-150.
- Gobierno de la República 2014. *Programa Nacional Forestal 2014–2018*. Gobierno de la República. Ciudad de México, México. 144 p.
- Hansen, J., Kharecha, P., Sato, M., Masson-Delmotte, V., Ackerman, F., Beerling, D., Hearty, P.J., Hoegh-Guldberg, O., Hsu, S.L., Parmesan, C., Rockstrom, J., Rohling, E.J., Sachs, J., Smith, P., Steffen, K., Van Susteren, L., von Schuckmann, K., Zochos, J.C. 2013. Assessing "dangerous climate change": Required reduction of carbon emissions to protect young people, future generations and nature. *PLOS ONE*, 8, e81648. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0081648>.
- Hirales-Cota, M., Espinoza-Avalos, J., Schmook, B., Ruiz-Luna, A., Ramos-Reyes, R. 2010a. Agentes de deforestación de manglar en Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, sureste de México. *Ciencias marinas* 36(2): 147-159.
- Hirales-Cota, M., Espinoza-Avalos, J. Schmook, B., Ruiz Luna, A, Ramos-Reyes, R. 2010b. Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, southeast Mexico. *Ciencias Marinas* 36(2): 147-159.
- Klepeis, P. 2003. Development policies and tropical deforestation in the southern Yucatán peninsula: centralized and decentralized approaches. *Land Degradation and Development* 14(6): 541-561. <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.583>.
- Klepeis, P., Vance, C. 2003. Noliberal policy and deforestation in southeastern Mexico: an assessment of the Pocampo program. *Economic Geography* 79:221-240.
- Manson, S., Evans, T. 2007. Agent-based modeling of deforestation in southern Yucatan, Mexico, and reforestation in the Midwest United States. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences* 104(52): 20678-20683. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0705802104>.
- Martínez Romero, E. 2010. *Factores de Impacto Directo e Indirectos que Determinaron el Proceso Complejo de la Deforestación a Nivel Ejidal, en la Región de Calakmul, Campeche, durante el Periodo 1976-2008*, Tesis doctoral, Doctorado de Investigación en Ciencias Sociales, FLACSO México, México.
- Martínez-Romero, E. Esparza, O. 2010. Estudio de caso: deforestación en el estado de Campeche. Causas directas e indirectas de la principal

- amenaza sobre la biodiversidad. En: Villalobos-Zapata, G. J., Mendoza Vega, J. (Coord.), *La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio)*, Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.
- Mas, J.F. 1999. Monitoring land-cover changes: A comparison of change detection techniques. *International Journal Of Remote Sensing* 20(1): 139-152. <http://dx.doi.org/10.1080/014311699213659>.
- Mas, J.F., Velázquez, A., Palacio-Prieto, J.L., Bocco, G., Peralta A., Prado, J. 2002. Assessing forest resources in Mexico: Wall-to-wall land use/cover mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68(10): 966-968.
- Mas, J.F., Velázquez, A., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., Castro, R., Fernández T., Pérez-Vega, A. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5(4): 249-261.
- Mas, J.F., Velázquez, A., Couturier, S. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental* 1(1):23-39.
- Mascorro, V.S., Coops, N.C., Kurz, W.A., Olguín, M. 2014. Attributing changes in land cover using independent disturbance datasets: a case study of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Environmental Change* 16: 213–228.
- Murray, G. 2007. Constructing paradise: The impacts of big tourism in the Mexican coastal zone. *Coastal Management* 35: 339-355.
- Olsoy, P., Zeller, K., Hicke, J., Quigley, H., Rabinowitz, A., Thornton, D. 2016. Quantifying the effects of deforestation and fragmentation on a range-wide conservation plan for jaguars. *Biological Conservation* 203: 8-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.037>
- Porter-Bolland, L., Ellis, E.A., Gholz, H.L. 2007. Land use dynamics and landscape history in La Montaña, Campeche, México. *Landscape and Urban Planning* 82:198-207.
- Primack, R.G. (ed.) 1999. *La Selva Maya: Conservación y Desarrollo*. Siglo Veintiuno Editores, S.A. de C.V. México, D.F. pp. 475.
- Radel, C., Schmook, B., Roy Chowdhury, R. 2010. Changing agricultural livelihoods in the southern Yucatán region: diverging paths with implications for environmental change. *Regional Environmental Change* 10: 205–218.
- Ramírez-Delgado, J.P., Christman, Z., Schmook, B. 2014. Deforestation and Fragmentation of Seasonal Tropical Forests in the Southern Yucatan, Mexico (1990–2006). *Geocarto International* 29(8): 822–841.
- Ramírez-Cancino, L., Rivera-Lorca, J.A. 2010. La ganadería en el contexto de la biodiversidad. En: Durán, R., Méndez, M. (Eds). 2010. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPF-FMAM, Conabio, Se-duma. Mérida, Yucatán, México. 496 p.
- Romijn, E., Lantican, C., Herold, M., Lindquist, E., Ochieng, R., Wijaya, A. et al. 2015 Assessing change in national forest monitoring capacities of 99 tropical countries. *Forest Ecology And Management* 352: 109-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.003>.
- Rosete-Vergés, F.A., Pérez-Damián, J.L., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E.N., Salinas-Chávez, E., Remond-Noa, R. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20(1): 21-35.
- Rueda, X. 2010. Understanding deforestation in the southern Yucatán: insights from a sub-regional, multi-temporal analysis. *Regional Environmental Change* 10(3): 175-189.
- Schmook, B., Vance, C. 2009. Agricultural policy, market barriers, and deforestation: evidence from Mexico's southern Yucatán. *World Development* 37(5): 1015-1025.
- Schneider L.C., Fernando, N. 2010. An untidy cover: Invasion of Bracken Fern in the shifting cultivation systems of Southern Yucatán, Mexico. *Biotropica* 42(1): 41 48.
- Sohn, Y., Moran, E., Gurri, F. 1999. "Deforestation in north-central Yucatán (1985-1995): mapping secondary succession of forest and agricultural land use in Sotuta using the cosine of the angle concept". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing USA* 65: 947-958.
- Torres, R., Momsen, J. 2005. Planned tourism development in Quintana Roo, Mexico: Engine for regional development or prescription for inequitable growth. *Current Issues in Tourism* 8(4): 259-285.
- Turner, B.L., II, Cortina Villar, S., Foster, D., Geoghegan, J., Keys, E., Klepeis, P., Lawrence, D., Macario Mendoza, P., Manson, S. M., Ogneva-Himmelberger, Y., Plotkin, A. B., Pérez Salicrup, D., Roy Chowdhury, R., Savitsky, B., Schneider, L., Schmook, B., Vance, C. 2001. Deforestation in the southern Yucatan peninsular region: An integrative approach. *Forest Ecology and Management* 154: 343-370.
- Velázquez, A. 2008. La dinámica de la cubierta forestal de México. *Página de la Sociedad Mexicana de Física*. [http:// www.smf.mx/C-Global/web-CubFor.htm](http://www.smf.mx/C-Global/web-CubFor.htm).
- Velázquez, A., Mas, J.F., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga, R., Alcántara, C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Palacio, J.L. 2002. Patronos y tasas de cambio del uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37.
- Vester, H.F., Lawrence, D., Eastman, J.R., Turner, B.L., II., Calmé, S., Dickson, R., Pozo, C., Sangermano, F. 2007. Land change in the southern Yucatán and Calakmul Biosphere Reserve: Effects on habitat and biodiversity. *Ecological Applications* 17(4): 989-1003.