

Detección de amenazas y oportunidades para la conservación en la cuenca baja del Usumacinta a partir de técnicas de percepción remota

J. A. Gallardo-Cruz^{1,2}, A. Fernández-Montes de Oca^{3,*}, C. Rives²

(1) Centro Transdisciplinario Universitario para la Sustentabilidad, Universidad Iberoamericana, Ciudad de México 01219, México.

(2) Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, Calle Centenario del Instituto Juárez s/n, Villahermosa 86080, Tabasco, México.

(3) Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Instituto de Biología (UNAM). Av. Universidad 3000, Ciudad de México 04510, México.

* Autor de correspondencia: A. Fernández-Montes de Oca [anaferm03@gmail.com]

> Recibido el 13 de julio de 2018 - Aceptado el 31 de mayo de 2019

Gallardo-Cruz, J.A., Fernández-Montes de Oca, A., Rives, C. 2019. Detección de amenazas y oportunidades para la conservación en la cuenca baja del Usumacinta a partir de técnicas de percepción remota. *Ecosistemas* 28(2): 82-99. Doi.: 10.7818/ECOS.1611

Desde 1930, la cuenca baja del Usumacinta presenta un proceso de deterioro ambiental, no obstante, existen extensas porciones de este territorio con potencial para su conservación. Para lograr esta protección es indispensable conocer las amenazas y oportunidades presentes en la región. Para ello, esta investigación propone analizar las variaciones espacio-temporales del deterioro, identificar las zonas menos deterioradas de esta región y evaluar propuestas de sitios con aptitud para ser conservados. La metodología utilizada se basó en el análisis de los datos de cobertura arbórea de 2000 a 2012 del *Global Forest Watch*, cartografía relevante y observaciones in situ. Con ello, se analizó la pérdida de cobertura arbórea y la conversión de humedales o pastizales artificiales hacia plantaciones forestales para los cinco municipios de la cuenca baja. Con estos resultados, se seleccionaron cuatro ventanas con potencial de conservación y, se les realizó un análisis sobre ganancia y pérdida de cobertura arbórea. Se observó que la pérdida de la cobertura arbórea continúa en aumento, especialmente en los municipios de Tenosique y Balancán (251 a 1190 ha y 263 a 525 ha, respectivamente); aunque existen regiones poco afectadas como el municipio de Centla y Emiliano Zapata. Se observó que, de las cuatro ventanas, la de El Cometa, cuenta con menos transformaciones (0.6 ha); mientras que, la de Balancán, es la que presenta un mayor incremento en la pérdida de cobertura arbórea (6925 ha). No obstante, esta última, podría funcionar como un corredor biológico entre las reservas naturales de Guatemala y México.

Palabras clave: área natural protegida; cobertura arbórea; Global Forest Change; transformación de humedales

Gallardo-Cruz, J.A., Fernández-Montes de Oca, A., Rives, C. 2019. 2019. Detecting conservation threats and opportunities in the lower Usumacinta basin based on remote sensing techniques. *Ecosistemas* 28(2): 82-99. Doi.: 10.7818/ECOS.1611

Since 1930, the Usumacinta low basin has a process of environmental degradation, however, in this region there are still areas to be conserved. To achieve this goal, it is necessary to know the threats and opportunities of the region. Therefore, this research proposes to analyze the spatial and temporal variation of environmental degradation, identify areas with less negative impact and assess those with conservation potential. The used methodology is based on information from the Global Forest Watch, specifically, 2000 – 2012 forest cover data, relevant cartography and in situ observations. With this information, forest cover loss and wetland and grazing cover to plantations were evaluated for five counties of the Usumacinta low basin. According to this information, four study windows were selected as potential areas for conservation. In these windows, a study about loss and gain of forest cover was conducted. It was observed that forest cover change has increased, specially, in Balancán and Tenosique counties (from 251 to 1190 ha and from 263 to 525 ha, respectively). Nevertheless, in Centla and Emiliano Zapata counties it has decreased (0.6 ha). About the study windows, it was observed that El Cometa window has the lowest transformation, while, Balancán window, has the most important forest cover loss increment (6925 ha). However, Balancán window could work as a biological corridor between Mexican and Guatemalan natural areas.

Keywords: forest cover, Global Forest Change; protected natural area; wetland change

Introducción

La deforestación es uno de los procesos que más impactan el funcionamiento de los ecosistemas terrestres (Sugden 2018). Este proceso disminuye sensiblemente la producción primaria e interactúa con otros factores de cambio global provocando el deterioro de los socioecosistemas (Shoene et al. 2007). Algunos de los efectos más importantes de la deforestación son: la pérdida de la biodiversidad (Giam 2017), la fragmentación del hábitat, la modificación del

ciclo del agua (Patarkalashvili 2019), la alteración de las propiedades del suelo, el decremento de la seguridad alimentaria (Pimentel et al. 1997), la alteración de los servicios ecosistémicos y cambios en las dinámicas poblacionales (Rosa et al. 2016).

Durante los primeros 12 años del siglo XXI México perdió cerca de 24 000 km² de cobertura arbórea. Esta cifra lo ubica en la posición número 15 (de 180) a nivel mundial y representa una pérdida de bosques equivalente al 1.2 % del territorio Nacional (Hansen et al. 2013a). Aun cuando el deterioro alcanza todos los ecosistemas

del país, su distribución y los procesos que lo originaron son muy heterogéneos. Este hecho permite ubicar porciones de tierra donde la magnitud de la transformación ha eliminado por completo el ecosistema y otras lo suficientemente bien conservadas como para considerarlas entre las prioridades de conservación a nivel Nacional (Arriaga et al. 2000). Un claro ejemplo de esta situación lo representa la cuenca del río Usumacinta.

Con una superficie total de 73 200 km² la cuenca del Usumacinta es la más extensa de las compartidas con Guatemala y Belice (ver Fig. 1). El río Usumacinta se origina en Guatemala y recorre los primeros 363 km dentro de este País. Luego, avanza 365 km formando la frontera fluvial entre Chiapas y el Petén Guatemalteco. Los siguientes 386 km del recorrido corresponden mayoritariamente a la parte baja de la cuenca en el Estado de Tabasco. Al final, el Usumacinta se une al río Grijalva 20 km antes de su desembocadura en el Golfo de México.

De la cuenca baja, la porción correspondiente a Tabasco ocupa el 51 % del territorio estatal, y está conformada por los municipios de Balancán, Centla, Emiliano Zapata, Jonuta y Tenosique (INAFED 2010). Los regímenes de propiedad de la tierra que existen en estos municipios son: terrenos nacionales (propiedad del Estado), propiedad privada y ejidal. Este último es uno de los dos tipos de propiedad social que existen en México y es producto de la dotación de tierras por parte del Estado a un grupo de campesinos que carecía de ellas (López-Bárcenas 2017).

La cuenca baja está dominada por pastizales cultivados y agricultura de temporal. Los ecosistemas naturales más representativos son: bosque tropical perennifolio, humedales herbáceos, bosque tropical sub-perennifolio y bosque de mangle. Cabe destacar que, hoy en día, son tres las áreas destinadas a la protección de la biodiversidad en la cuenca baja: la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta y el Área Natural Protegida estatal de Cascadas de Reforma. Dos de ellas con Programas de manejo funcionando desde 2000 y 2015 (la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta, respectivamente) (SIMEC y CONANP 2019).

Un hecho notable es que en la cuenca del Usumacinta la densidad poblacional es baja (32 habitantes por km²; García y Kauffer 2011; Kauffer 2013). A pesar de esto, la transformación resultante de los procesos de colonización del siglo XX alteró gravemente los ecosistemas. En la porción mexicana de la cuenca, los Estados de Tabasco y Campeche mantienen menos del 20 % de la cobertura arbórea original, mientras que Chiapas conserva alrededor del 60 %. En Tabasco, la colonización y el deterioro asociado se iniciaron en la década de 1930 con la instalación de las compañías plataneras, y se profundizó con el crecimiento de la ganadería en la década de 1970. Los primeros estudios sobre el estado de los ecosistemas en la región indican que entre 1940 y 1993 se perdieron más de un millón de hectáreas (42 %) de las selvas en el Estado (Tudela 1989). De entonces a la fecha la situación no ha sido más favorable. En los albores del siglo XXI el deterioro ambiental continúa avanzando poniendo en grave riesgo el equilibrio ecológico y social en la región.

A nivel mundial se reconoce que dentro de las principales causas de deforestación de los sistemas tropicales se incluyen las actividades agropecuarias (producción de ganado y palma de aceite, principalmente), las invasiones ilegales, los procesos de colonización, los incendios, las actividades petroleras y la expansión de infraestructura urbana y de comunicaciones (López-Feldman 2012; Covalada et al. 2014; Ramos et al. 2007). Es importante reconocer que dichas actividades constituyen sólo un eslabón de una cadena de eventos que incluye relaciones estructurales (i.e. políticas) que determinan el acceso y el control de los recursos (Ramos et al. 2007; Burivalova et al. 2019). La interacción de estos eventos sociopolíticos constituye la fuerza subyacente de la deforestación y conversión de los bosques. Por ello, es crucial entender las correlaciones entre las causas subyacentes y los procesos de deforestación y adoptar un enfoque holístico para la gestión efectiva de las áreas protegidas y del territorio circundante que conduzca a la conservación efectiva de la bio-

diversidad de la región (Díaz-Gallegos et al. 2008). Por ello, un primer paso para avanzar hacia la conservación de los ecosistemas de la cuenca baja del Usumacinta consiste en identificar las zonas menos deterioradas de la región analizando las variaciones espacio-temporales de dicho deterioro. Entre los marcos más utilizados para identificar estas zonas se encuentran los análisis de integridad ecológica basados en indicadores que cuantifican la deforestación en una región a partir de técnicas de teledetección (González et al. 2012). El uso de dichas técnicas permite abarcar grandes extensiones de terreno, estudiar los patrones espaciales de la deforestación y entender cómo ha evolucionado dicho proceso en el tiempo (Nagendra et al. 2013; Gillespie et al. 2015).

En este sentido, el presente estudio busca identificar las porciones mejor conservadas en la cuenca baja del Usumacinta y analizar los principales procesos de transformación de los ecosistemas con la finalidad de establecer una propuesta de zonas con potencial para Áreas Naturales Protegidas (ANP). Para lograrlo, el estudio incorpora tres fuentes de información: en primer lugar, la información anual capturada y procesada por los satélites Landsat durante el periodo 2000 – 2012 (Hansen et al. 2013a). En segundo, la cartografía disponible y relevante para el estudio. Por último, las observaciones hechas por los autores de este estudio durante un vuelo por la cuenca baja del Usumacinta en abril del presente año. Con base en lo anterior, esta investigación analiza: 1) el estado de la cobertura arbórea en el año 2000 y su pérdida para un periodo de 12 años, 2) la pérdida de los humedales asociada a la expansión de las plantaciones forestales y de palma de aceite para el mismo periodo de tiempo, y 3) la pérdida de los humedales y de las comunidades arbóreas para cuatro ventanas de interés identificadas con potencial para su conservación.

Material y métodos

Esta investigación está dividida en tres partes: 1) el análisis de la pérdida de cobertura arbórea por año para los cinco municipios pertenecientes a la cuenca baja del Usumacinta, y para sus tipos de propiedad de acuerdo con el Registro Agrario Nacional (RAN). 2) La estimación de la conversión de humedales o pastizales artificiales hacia plantaciones forestales. 3) El análisis sobre ganancia y pérdida de cobertura arbórea en cuatro ventanas de interés dentro de la cuenca baja del río Usumacinta.

Para realizar lo anterior, se utilizó la información sobre pérdida y ganancia de cobertura arbórea derivada del conjunto de imágenes Landsat 5, 7 y 8 para el periodo 2000 – 2012 (resolución del pixel = 30 m) y procesadas en la nube mediante Google Earth Engine (Google Earth Engine Team 2015). Para este estudio los árboles se definieron como la vegetación mayor a cinco metros de altura y se consideró un número conservador de 3500 individuos (> 3 cm de diámetro a la altura del pecho) y 249 Mg de biomasa por hectárea para los bosques tropicales del mundo (Stegen et al. 2009). El cálculo de la cobertura arbórea, su ganancia y su pérdida anual se basa en el uso de algoritmos iterativos que comparan la información de las bandas de los satélites Landsat con la información calibrada de los sensores Quickbird y MODIS sobre cobertura arbórea a nivel mundial. La pérdida de cobertura arbórea es definida como la perturbación que elimina los árboles de una parcela; y ganancia como, la conversión de un pixel sin cobertura hacia uno con cobertura (Hansen et al. 2013a,b).

Para la primera parte de esta investigación fue necesario obtener los datos de pérdida de cobertura arbórea de los cinco municipios de la cuenca baja del Usumacinta y su proporción de acuerdo a cada tipo de tenencia de la tierra. Esto fue generado a partir de Sistemas de Información Geográfica (ArcGis) y el resultado fue analizado para servir como base de los siguientes apartados. Para la segunda, estimar la conversión de humedales o pastizales artificiales hacia plantaciones forestales, se siguieron los siguientes pasos:

- 1.- Se obtuvo la ganancia de cobertura arbórea para toda la cuenca con base en la información sobre ganancia de cobertura arbórea de Hansen et al. (2013a).

- 2.- Se comparó la información del procedimiento anterior con las coberturas de la serie III (escala 1:250. 000) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (INEGI 2013). Para ello, la información del INEGI fue convertida a formato raster, a la misma resolución espacial que las capas de cobertura arbórea (30 m) y dicho proceso se realizó en el programa ArcGis. Con base en este análisis se definió que, si la ganancia de cobertura arbórea ocurrió en zonas clasificadas como humedales se interpretaría como conversión de humedales a plantaciones. Y, por otro lado, si la ganancia se daba en áreas de pastizales artificiales se interpretaría como conversión de pastizales a plantaciones.
- 3.- Para verificar el nivel de error, se seleccionaron 30 sitios al azar en la cuenca y se verificó con Google Earth que las regiones identificadas correspondieran con plantaciones de palma de aceite o forestales.

El estudio completo incluyó el desglose de la información por año, para los cinco municipios pertenecientes a la cuenca baja y para los tipos de propiedad considerados por el Registro Agrario Nacional (RAN 2012). Finalmente, para la tercera parte, analizar la ganancia y pérdida de cobertura arbórea por ventanas de interés, se siguieron los siguientes pasos:

- 1.- Para elegir las ventanas de interés se llevó a cabo el análisis preliminar de la región con base en la información de Hansen et al. (2013a). Después se realizó un recorrido en helicóptero para localizar zonas, que, por mantener una cobertura arbórea en buen estado de conservación, pudieran ser de interés para la investigación. Por lo anterior, las cuatro ventanas elegidas tienen características naturales que las hacen representativas de sus regiones, y condiciones naturales que se encuentran amenazadas por su entorno (ver Fig. 10). Por lo tanto, se concluyó que el análisis de dichas ventanas podría ayudar a la conservación de sus recursos. Las zonas escogidas fueron: El Cometa (Centla), Jonuta, Chaschoc (Emiliano Zapata) y Balancán.
- 2.- La información de pérdida y ganancia fue recortada al tamaño de las zonas de interés para determinar el estado de su cobertura arbórea; posteriormente se realizó un análisis de la información obtenida de esos recortes.
- 3.- Las mismas ventanas fueron utilizadas para obtener la información del Programa de Ordenamiento del Estado de Tabasco de 2013, (SERNAPAM 2013) y la tenencia de la tierra del RAN. Finalmente, los resultados obtenidos fueron analizados y comparados con las pérdidas y ganancias del estudio de Hansen et al. (2013a).

Resultados

De la selva al sistema agropecuario: análisis de la pérdida de la cobertura arbórea en la cuenca baja del Usumacinta

La pérdida en la cobertura arbórea del año 2000 al 2012, significó la desaparición de 92 millones de individuos de plantas y de seis millones de toneladas de biomasa (Figs. 1 y 2; Tablas 1 y 2 del Apéndice 1). La mayor ocurrió en el 2005, año en el que se perdieron cerca de seis mil hectáreas. Asimismo, los años 2003, 2007 y 2009 presentaron los valores más altos de pérdida de cobertura arbórea con más de tres mil hectáreas perdidas en cada uno de ellos. Por el contrario, durante el 2001 se registró la menor cantidad de hectáreas perdidas, con menos de mil (Fig. 3A).

Del total de hectáreas perdidas entre 2001 y 2012, Balancán fue el municipio que aportó el mayor porcentaje al total con una cifra siempre superior al 40 %. En segundo lugar, se ubicó Tenosique, municipio que aportó entre el 20 y el 40 % del total de hectáreas perdidas por año. En 2003 Balancán alcanzó el 70 % del total de hectáreas perdidas en el año. Asimismo, en 2004, 2006 y 2011, Tenosique contribuyó con poco más del 40 % de la pérdida total de cobertura arbórea. En contraste, Emiliano Zapata y Centla son los municipios donde se registró la menor cantidad de hectáreas perdidas dentro del mismo periodo (Figs. 3B y 4; Tablas 3 y 4 del Apéndice 1).

Los municipios que han perdido mayor cantidad de hectáreas de cobertura arbórea son Balancán y Tenosique con poco más de 17 mil y 10 mil hectáreas, respectivamente. Es importante destacar que para el año 2000 estos municipios tenían los mayores fragmentos de vegetación arbórea en la cuenca. A pesar de las inmensas pérdidas, hoy en día todavía es posible encontrar grandes fragmentos en las inmediaciones del río San Pedro (Balancán) y dentro del ANP Cañón del Usumacinta (Tenosique). Los fragmentos de esta área protegida posiblemente estén relacionados a la existencia de su Programa de manejo y a su implementación. Centla fue el municipio con menor pérdida de cobertura arbórea con poco más de 700 hectáreas, seguido de Emiliano Zapata y Jonuta (Fig. 5A). Del total de cobertura arbórea perdida en cada municipio, el ejido es el tipo de propiedad donde se han perdido más hectáreas (Fig. 5B). Por ejemplo, de la cobertura arbórea perdida en Balancán y en Jonuta, el 50 y 60 % de las hectáreas pertenecía a ejidos. En segundo lugar, está la propiedad privada, de donde proviene más del 50 % de la cobertura arbórea perdida en Centla y Emiliano Zapata. En contraste, la zona federal es el tipo de propiedad en el que se perdieron menos hectáreas en todos los municipios. Empero, en todos los municipios hay una porción de cobertura perdida de la cual se desconoce el tipo de propiedad al que pertenece (entre el 5 y 20 %).

De los humedales a las plantaciones: análisis de la ganancia de la cobertura arbórea en la cuenca baja del Usumacinta

Al sobrevolar la cuenca baja del Usumacinta se pudo constatar la dimensión y el avance de las plantaciones destinadas a la producción de palma de aceite (Fig. 1 del Apéndice 2). Ante esta situación fue necesario desarrollar una metodología que permitiera localizar los principales focos de expansión y estudiar su comportamiento a lo largo de toda la cuenca. Dicha metodología acertó en más del 90 % de los casos al identificar áreas convertidas de humedales o pastizales artificiales hacia plantaciones (Tabla 5 del Apéndice 1).

Con base en estos resultados se puede afirmar que en la cuenca baja del Usumacinta estos procesos han impactado principalmente a los pastizales inducidos (Tabla 6 del Apéndice 1). No obstante, también se encontró evidencia de que la conversión ha ocurrido sobre los humedales de la región (Fig. 6A; Tabla 7 del Apéndice 1). De los cinco municipios de la cuenca tabasqueña, Balancán ocupó el primer sitio por el número de hectáreas convertidas de pastizal, con más de ocho mil. En seguida estuvo Tenosique con más de dos mil hectáreas convertidas de pastizal a plantaciones. Centla fue el municipio con menor cantidad de hectáreas convertidas tanto de pastizal como de humedal a plantaciones (Fig. 6A). En los municipios de Balancán, Jonuta y Tenosique entre el 50 y 70 % de pastizal y humedal convertido a plantaciones corresponde con tierras ejidales; mientras que en Centla y Emiliano Zapata la mayor cantidad de hectáreas convertidas eran propiedad privada. En Balancán y Emiliano Zapata poco más del 50 % de pastizal y humedal transformados fueron en terreno nacional (Figs. 6B y 7).

Transformación de la cobertura arbórea en cuatro paisajes de la cuenca baja del Usumacinta: la tenencia, el ordenamiento y la conservación

Con base en los resultados descritos anteriormente y las observaciones hechas a partir de un vuelo de baja altura por la cuenca se identificaron cuatro paisajes en los cuales se buscó profundizar el análisis. Dichos paisajes fueron seleccionados principalmente por la continuidad de la cobertura vegetal en grandes porciones de su territorio (Figs. 2-5 del Apéndice 2).

Las cuatro ventanas (paisajes) analizadas fueron Balancán (con el río San Pedro), Chaschoc (en Emiliano Zapata), El Cometa (dentro de la ANP Pantanos de Centla) y Jonuta (sus humedales) (Tabla 8 del Apéndice 1). Se observa que la ventana de Balancán posee el primer lugar de pérdida de cobertura con siete mil hectáreas, aproximadamente, y presenta, la mayor cantidad de hectáreas transformadas de pastizal y humedal a cober-

tura arbórea (Figs. 8A y 9A). En contraste, la zona de El Cometa, tuvo los valores más bajos de pérdida de cobertura arbórea (por debajo de las 100 ha) y de transformación de pastizal y humedal a cobertura arbórea. Esto posiblemente se deba a que este paisaje está contenido dentro de una ANP y, dicha área, cuenta con un Programa de manejo, aunque esté fechado en el año 2000 (Figs. 8A y 9A). Chaschoc y Jonuta también tienen números bajos de pérdida de cobertura arbórea (210 y 120 ha, respectivamente) y de transformación de pastizal y humedal a cobertura arbórea (Figs. 8A y 9A). La superficie de pérdida de cobertura para Jonuta y Balancán, casi en su mayoría, se localizó dentro de terrenos ejidales (90 y 60 %); mientras que, en El Cometa y Chaschoc, la mayor parte de la pérdida correspondió a Propiedad privada (90 y 70 %) (Figs. 8B, 10 y 11).

En cuanto a la superficie transformada de humedal a cobertura forestal (Tabla 9 del Apéndice 1), para Balancán, ésta se localizó casi en su mayoría en Terrenos ejidales y casi todo el restante en Propiedad privada. Para Jonuta, se observó una distribución muy parecida entre la transformación de humedal en terreno ejidales y Propiedad privada. En el caso de El Cometa, toda la transformación fue realizada dentro de Propiedad privada y para Chaschoc, no hubo datos que reportar, ya que no hubo transformación (Figs. 9B, 10 y 11).

De acuerdo a los datos arrojados para transformación de pastizal a cobertura arbórea se puede observar que, para Balancán casi toda su distribución careció de información; para Chaschoc, la mayor proporción fue en Propiedad privada; para Jonuta en terrenos ejidales y finalmente, en El Cometa no se reportaron datos porque no hubo transformación (Figs. 9B, 10 y 11).

Con respecto al uso de suelo que se le da actualmente a cada una de las ventanas de interés se puede decir que, en Balancán la mayor parte de sus usos se orienta a la ganadería (pastizal culti-

vado e inducido), seguido de vegetación secundaria (selva) y muy detrás de vegetación primaria (selva). Para Chaschoc, la superficie ocupada en su mayoría contiene agricultura y ganadería (agricultura de riego y temporal y pastizal cultivado e inducido), seguido de vegetación secundaria (selva) y muy detrás, vegetación original (tular). Para el caso de El Cometa, la mayor proporción del territorio contiene vegetación original (tular, manglar popal) y sólo poca superficie es ganadería (pastizal cultivado e inducido). Finalmente, Jonuta, presenta valores altos de vegetación original (tular, selva), seguido de ganadería (pastizal cultivado e inducido) y cuerpos de agua (Tabla 10 del Apéndice 1).

En cuanto a los mecanismos de protección relacionados con las unidades de gestión ambiental del Programa de Ordenamiento del Estado de Tabasco, de 2013 se observa que para la ventana de Balancán su superficie está dentro de cuatro de las cinco categorías de este Programa (Tabla 11 del Apéndice 1). La mayor parte de ésta se localiza en Unidades de Restauración (33 344 ha) y Aprovechamiento (25 180 ha) (Tabla 11 del Apéndice 1). Por su parte, Chaschoc sólo tiene presencia de dos Unidades de Gestión Ambiental. La primera es de Conservación con más de 10 500 ha, y la segunda de Aprovechamiento con poco más de 3000 ha. Estos datos son relevantes porque en estudios anteriores se ha destacado la importancia de conservar los sistemas que están presentes en dicha zona (SERNAPAM 2013) (Tabla 11 del Apéndice 1). En el caso de El Cometa, el resultado ofrecido es que toda su superficie está localizada dentro de una Unidad de Área Natural Protegida (Tabla 11 del Apéndice 1). Finalmente, para Jonuta se detectaron tres Unidades de manejo ambiental, que corresponde a un Área Natural Protegida (Pantanos de Centla, 5000 ha aprox.), una Zona Prioritaria para la Conservación (7700 ha aproximadamente) y una Zona de Conservación (1300 ha aproximadamente) (Tabla 11 del Apéndice 1).

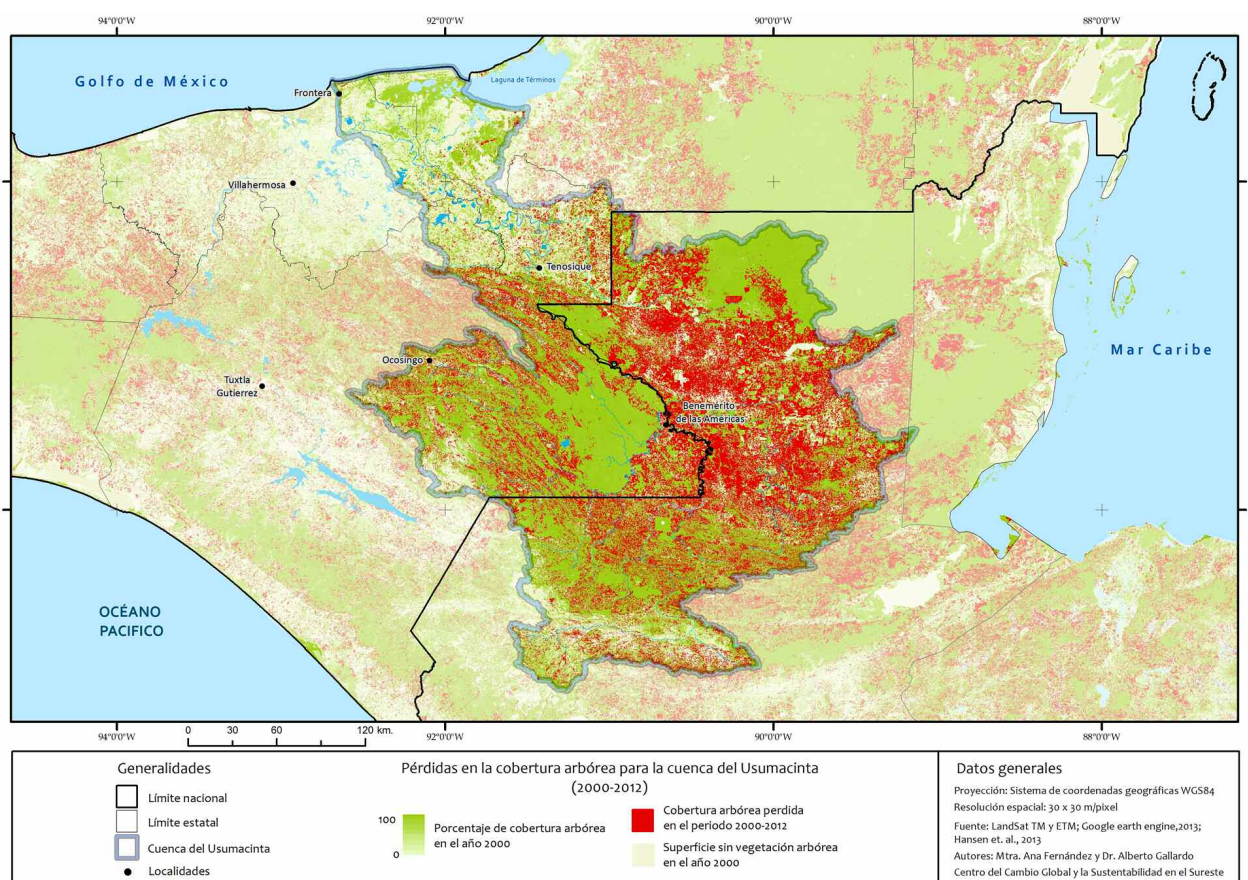


Figura 1. Localización geográfica de la cuenca del río Usumacinta y pérdidas en la cobertura arbórea para el periodo 2000 - 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Figure 1. Location of the Usumacinta river basin and tree cover loss for the period 2000 - 2012. Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015.

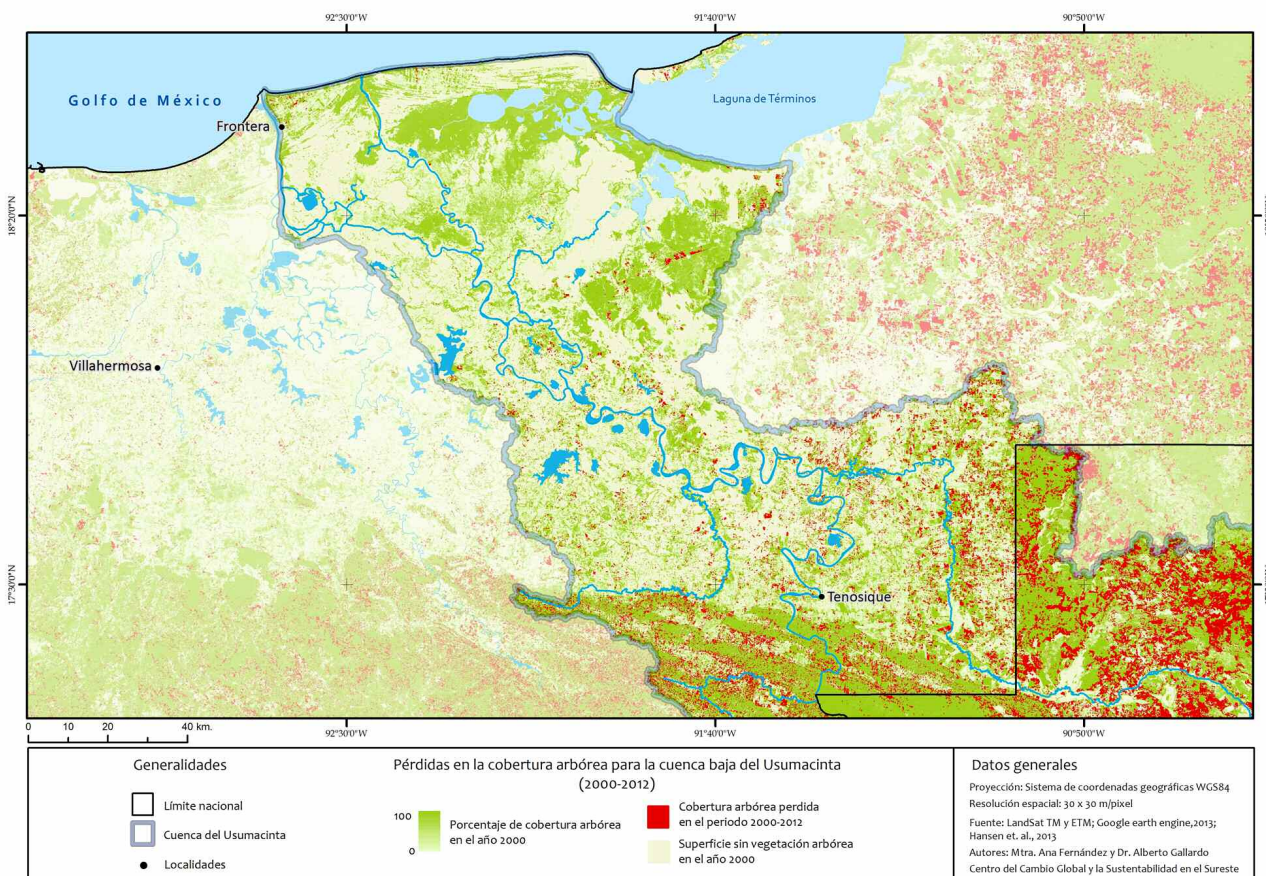


Figura 2. Pérdidas en la cobertura arbórea para la cuenca baja del Usumacinta (2000 - 2012). Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Figure 2. Forest cover loss in the lower Usumacinta river basin (2000 - 2012). Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015.

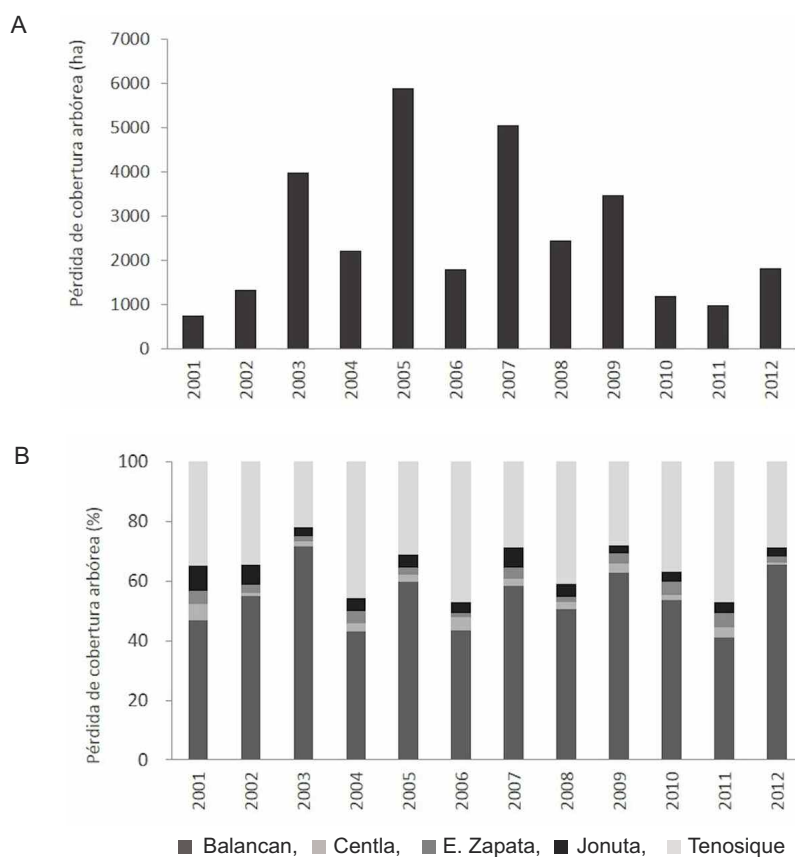


Figura 3. Pérdida de cobertura arbórea en la cuenca baja del Usumacinta. **A)** Hectáreas perdidas en el periodo 2001 - 2012. **B)** Porcentaje de hectáreas perdidas en el periodo 2001- 2012 por municipio. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y del RAN, 2015.

Figure 3. Forest cover loss in the lower Usumacinta river basin. **A)** Lost hectares from 2001 to 2012. **B)** Percentage of lost hectares from 2001 to 2012 per counties. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

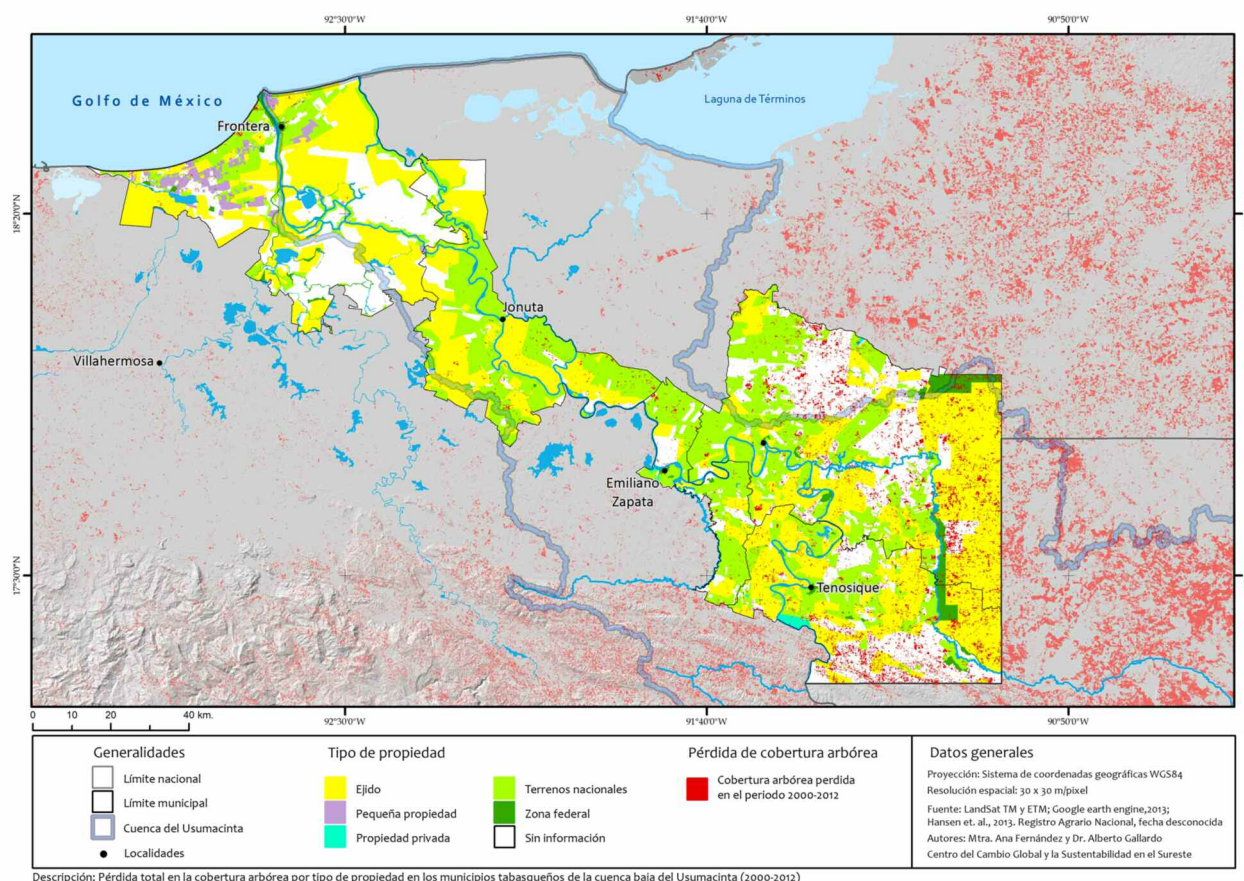


Figura 4. Pérdida en la cobertura arbórea por tipo de propiedad en los municipios de la cuenca baja del Usumacinta (2000 - 2012). Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Figure 4. Forest cover loss per kind of property right in the counties of the lower Usumacinta river basin. Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015.

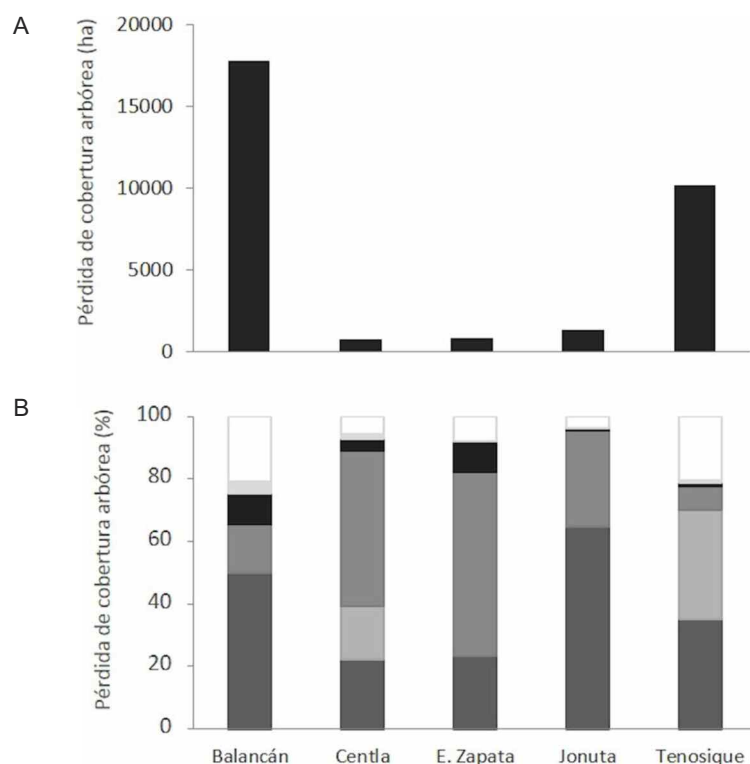


Figura 5. Pérdida total de cobertura arbórea en la cuenca baja del Usumacinta para el periodo 2000 - 2012. **A)** Total de hectáreas perdidas por municipio. **B)** Porcentaje de hectáreas perdidas por tipo de propiedad. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y del RAN, 2015.

■ Ejido, ■ Propiedad privada, ■ Pequeña propiedad, ■ Terreno nacional, ■ Zona federal, □ Sin información.

Figure 5. Total forest cover loss in the lower Usumacinta river basin in the 2000 - 2012 period. **A)** Total lost hectares per counties. **B)** Percentage of lost hectares per kind of property right. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

■ Ejido, ■ Private property, ■ Small property, ■ National land, ■ Federal area, □ Without information.

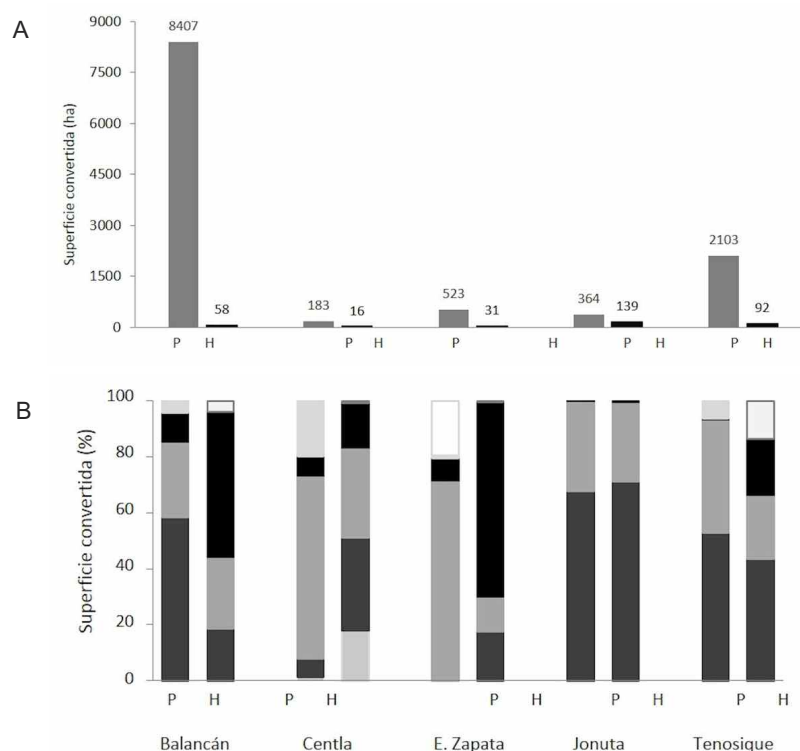


Figura 6. Conversión total de hectáreas de pastizal (P) a cobertura arbórea y de humedal (H) a cobertura arbórea en la cuenca baja del Usumacinta. **A)** Total de hectáreas convertidas de pastizal o humedal a cobertura arbórea por municipio en el periodo 2000 - 2012. **B)** Porcentaje de hectáreas convertidas de pastizal o humedal a cobertura arbórea en cada municipio por tipo de propiedad en el periodo 2000 - 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y del RAN, 2015. ■ Ejido, ■ Propiedad privada, ■ Pequeña propiedad, ■ Terreno nacional, ■ Zona federal, □ Fraccionamiento.

Figure 6. Total conversion of grazing land (P) and wetlands (H) hectares to forest cover in the lower Usumacinta river basin. **A)** Total hectares converted from grazing land or wetland to forest cover per municipality in the 2000 - 2012 period. **B)** Percentage of hectares converted from grazing land or wetlands to forest cover per kind of property right in each municipality for the 2000-2012 period. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015. ■ Ejido, ■ Private property, ■ Small property, ■ National land, ■ Federal area, □ Fractionation.

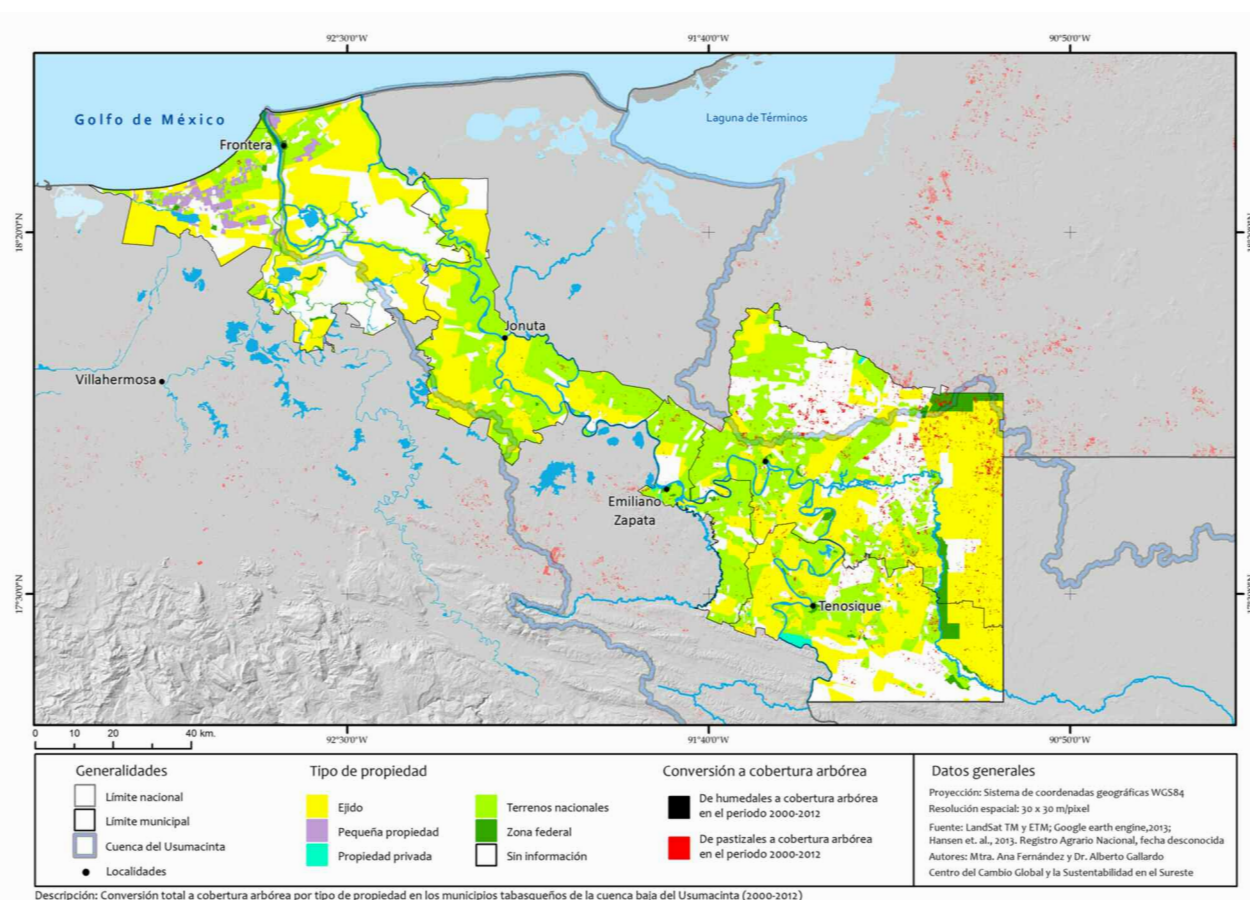


Figura 7. Conversión a cobertura arbórea por tipo de propiedad en los municipios de la cuenca baja del Usumacinta (2000 - 2012). Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y del RAN, 2015.

Figure 7. Conversion to forest cover per property right kind in the municipalities of the lower Usumacinta river basin (2000 - 2012). Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015

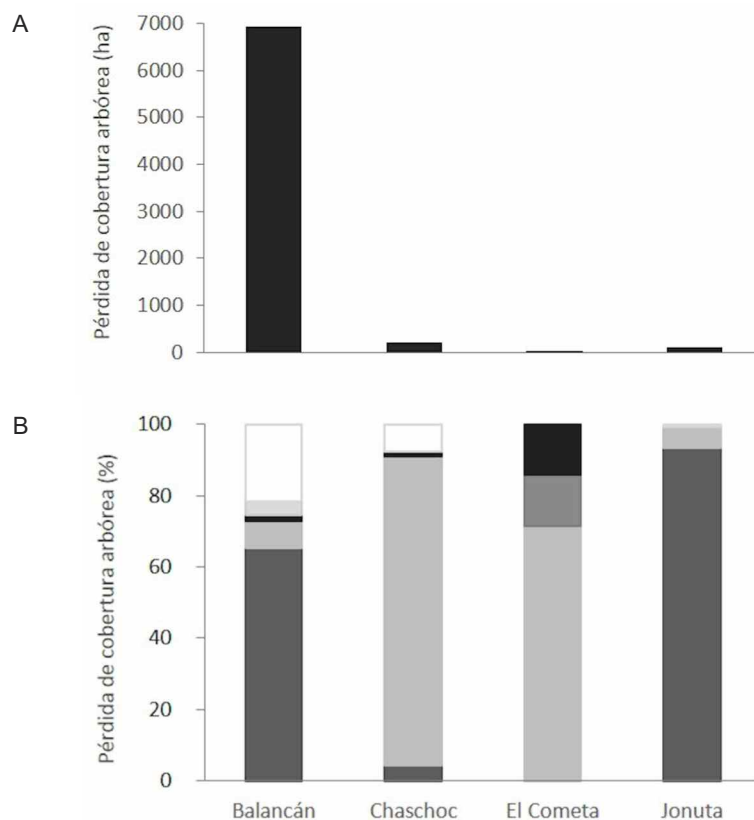


Figura 8. Pérdida total de cobertura arbórea en cuatro paisajes de los municipios de la cuenca baja del Usumacinta para el periodo 2000 - 2012. **A)** Total de hectáreas perdidas por paisaje. **B)** Porcentaje de hectáreas perdidas en cuatro paisajes por tipo de propiedad. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y del RAN, 2015. ■ Ejido, ■ Propiedad privada, ■ Terreno baldío, ■ Terreno nacional, ■ Zona federal, □ Sin información.

Figure 8. Total forest cover loss in 4 landscapes in the municipalities of the lower Usumacinta river basin for the 2000 - 2012 period. **A)** Total lost hectares per landscape **B)** percentage of lost hectares per kind of property right in four landscapes. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015. ■ Ejido, ■ Private property, ■ Wasteland, ■ National land, ■ Federal area, □ Without information.

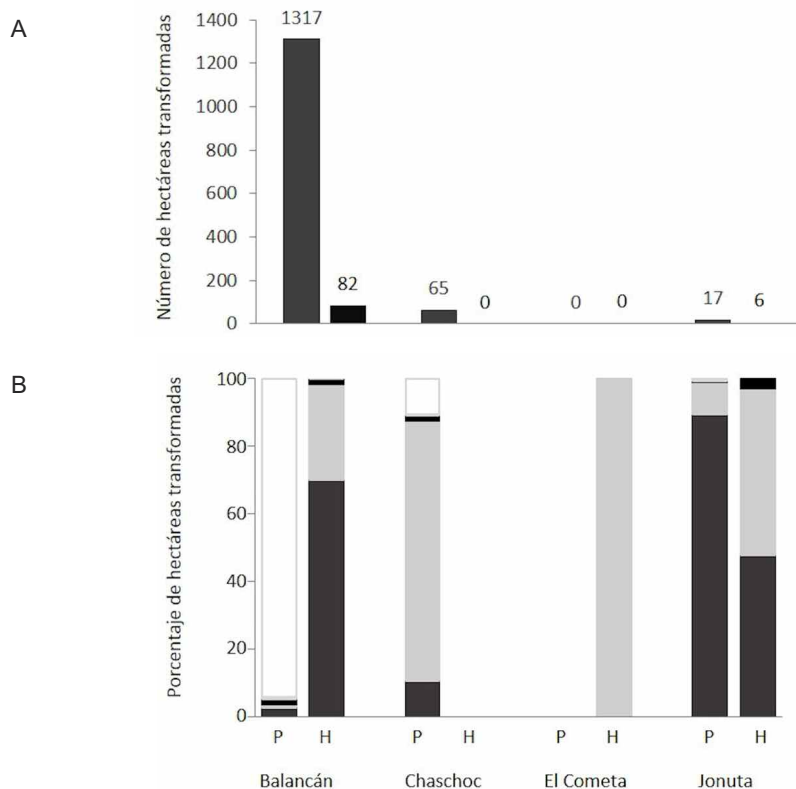


Figura 9. Conversión total de hectáreas de pastizal (P) a cobertura arbórea y de humedal (H) a cobertura arbórea en cuatro paisajes de la cuenca baja del Usumacinta. **A)** Total de hectáreas. **B)** Porcentaje de superficie ganada por municipio por tipo de propiedad. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y del RAN, 2015. ■ Ejido, ■ Propiedad privada, ■ Terreno baldío, ■ Terreno nacional, ■ Zona federal, □ Sin información.

Figure 9. Total hectares converted of grazing lands (P) and wetland (H) to forest cover in four landscapes in the Usumacinta low basin. **A)** Total hectares. **B)** Percentage of earned surface per municipality per property right kind. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015. ■ Ejido, ■ Private property, ■ Wasteland, ■ National land, ■ Federal area, □ Without information.

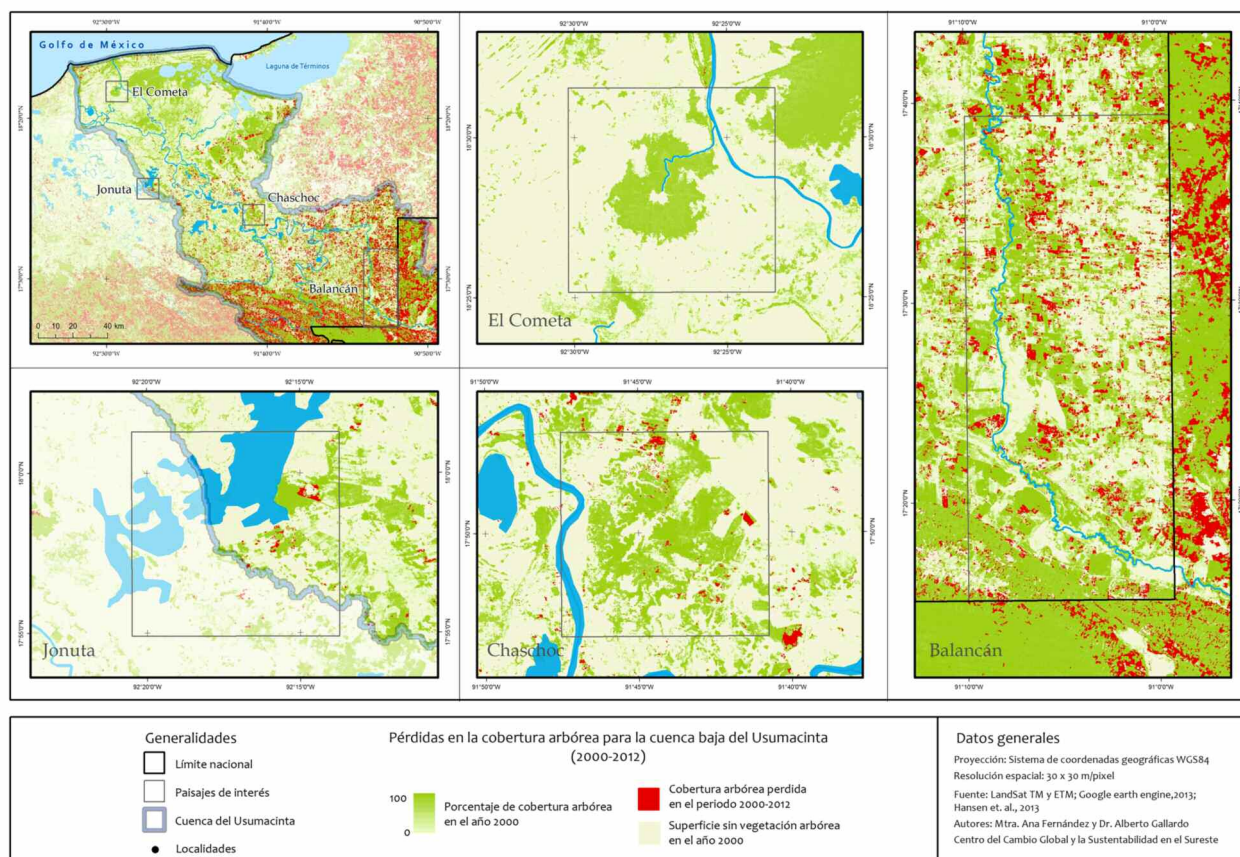


Figura 10. Pérdida en la cobertura arbórea en cuatro paisajes de interés (2000 - 2012). Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Figure 10. Forest cover loss in four landscapes of interest (2000 - 2012). Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015

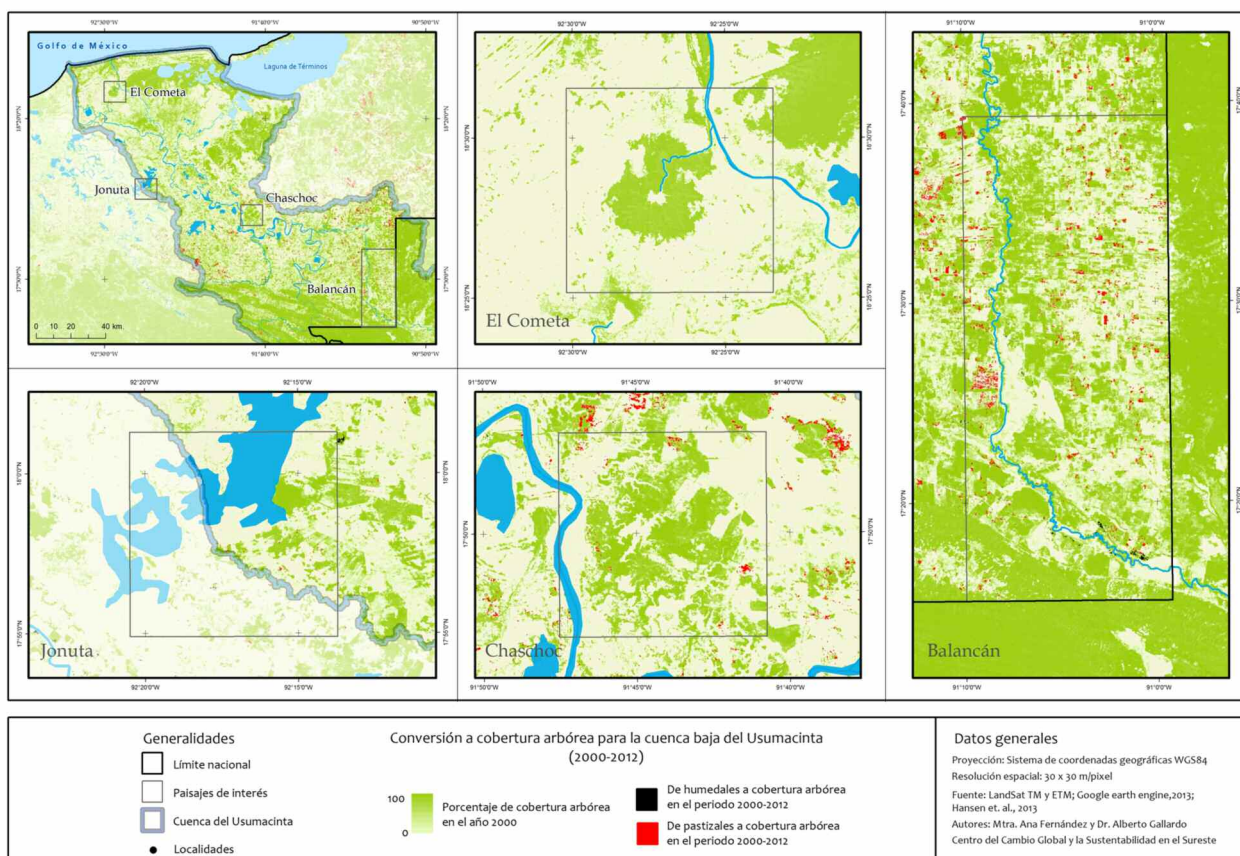


Figura 11. Conversión a cobertura arbórea en cuatro paisajes de interés (2000 - 2012). Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Figure 11. Conversion to forest cover in four landscapes of interest (2000 - 2012). Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015.

Discusión

Sin lugar a duda la pérdida de la cobertura vegetal en los sistemas tropicales es uno de los eventos más catastróficos y conspícuos que existen en el planeta. Dicho evento elimina la producción primaria del ecosistema y acarrea muchos otros procesos de deterioro que transforman por completo el funcionamiento del mismo. En la actualidad se sabe que la deforestación de las selvas húmedas aporta alrededor del 10 % de las emisiones globales de dióxido de carbono y es una adversidad continua para la biodiversidad. Por ello, examinar los patrones espacio-temporales de la deforestación permite no sólo identificar las zonas más conservadas en una región, además, permite entender cómo ha evolucionado dicho proceso en el tiempo. No obstante, para fortalecer estos estudios es también importante sumar aquellas variables que pueden asociarse y los mecanismos que fortalecen o disminuyen la deforestación.

A través de los datos presentados fue posible observar que la mayor actividad económica relacionada con la deforestación fue la ganadería en los cinco municipios estudiados y muy posiblemente los valores más bajos de deforestación (e.g. Centla) se deban a la presencia del ANP Pantanos de Centla que cubre buena parte de este municipio. También, estos valores pueden deberse a una limitación metodológica del estudio de [Hansen et al. 2013a](#), el cual sirvió como insumo para esta investigación.

Aunque la población de la zona estudiada es baja muy posiblemente el impacto sobre la cobertura arbórea esté dado tanto por los habitantes como por los usuarios de sus recursos naturales, en específico, del ganado bovino. El estado de Tabasco y lo que le corresponde a la cuenca baja del río Usumacinta, aunque no es visiblemente un estado ganadero, es quien envía una gran porción del ganado al norte del País; ganado que es consumido en México y en otros países. Por lo tanto, el impacto generado en los ecosistemas de la región no sólo está relacionado con su población directa sino también con sus usuarios externos. Por otra parte, aunque se consideraron variables asociadas como la tenencia de la tierra, número de habitantes y vegetación y uso de suelo es necesario conocer más información para saber cuáles son los eventos que potenciarán las mayores transformaciones de deforestación (e.g. 2005) o cuáles fueron los mecanismos que la evitaron (e.g. 2001). Por ejemplo, los valores altos de cambio de humedal a plantaciones en Balancán y Tenosique, puede sugerir políticas de fomento para la palma de aceite, muy común en el sureste del país y en las selvas tropicales del mundo ([Mata 2014](#)).

El resultado más contundente de esta investigación indica que es urgente activar medidas de conservación, especialmente, en las inmediaciones del río San Pedro, en el municipio de Balancán. Ya que a pesar de la gran pérdida de cobertura arbórea existente y de los procesos de transformación de humedal y pastizal a plantaciones, el río San Pedro aún mantienen grandes fragmentos de ecosistemas que debieran ser conservados. Esta zona representa un enorme capital que podría ser visto como un corredor que avanza desde la frontera con Guatemala hasta las inmediaciones del poblado "El Capulín". En consecuencia, ésta tiene un alto potencial para dar fortalecimiento a la red de ANP en la región. Por su parte, la ventana de Jonuta demuestra que debe ser una zona candidata para la conservación ya que puede fortalecer la red de ANP en la cuenca del Usumacinta. Además, los resultados obtenidos en este estudio, en conjunto con los esfuerzos realizados con anterioridad, demuestran que esta área presenta características que deben ser conservadas. Lo anterior se sustenta en dos factores de gran relevancia: la presencia de una gran superficie con vegetación natural primaria y el hecho de que este sitio funge como zona de amortiguamiento para la ANP Pantanos de Centla. Con respecto a Chaschoc, actualmente existen fuertes esfuerzos por lograr que esta área se convierta en una zona protegida y este esfuerzo debe continuarse de acuerdo a los resultados arrojados. Finalmente, El Cometa, debe seguir siendo vigilado para que sus grandes beneficios, continúen.

Acerca de la cantidad y calidad de información disponible, es necesario resaltar que la información pública sobre la tenencia de la tierra en la región presenta cuantiosos atrasos y omisiones. Esta situación limitó el análisis y debilita la planificación futura en materia de conservación y ordenamiento territorial. En consecuencia, considerar esta situación es crucial puesto que un requisito clave para que las estrategias destinadas a la conservación del capital natural tengan éxito es que los derechos de tenencia de la tierra sean claros y seguros. Al respecto se ha mostrado que clarificar y fortalecer la tenencia de la tierra puede, por sí mismo, reducir considerablemente la deforestación y la degradación. Esto se debe a que la inseguridad en la tenencia suele fomentar la tala de selvas, las dinámicas de acceso irrestricto y el acaparamiento de predios, por lo que, los derechos seguros de tenencia de la tierra sin duda favorecerán la conservación de los bosques y las inversiones en ellos a largo plazo. No obstante, también se debe considerar que contar con derechos seguros no garantiza que los titulares de las tierras no van a talar los bosques y selvas en busca de alternativas más lucrativas ([Angelsen et al. 2013](#)). Estos dos panoramas reflejan parte de la problemática que el presente análisis no pudo contemplar por no contar con la información completa sobre la tenencia de la tierra.

Por otro lado, dada la metodología que se utilizó en esta investigación es importante señalar que el estudio de [Hansen et al. 2013a](#) no toma en cuenta la vegetación no arbórea y, ya que la zona estudiada es altamente representada por ésta; existen regiones que no serán bien evaluadas por [Hansen et al. 2013a](#) y, por consiguiente, por este estudio. Lo anterior significa que en zonas de humedales no arbóreos puede mostrarse ausencia de vegetación, aunque la vegetación exista y, por lo tanto, no será posible observar su pérdida. Además de lo anterior, los datos que se reportan como ganancia de vegetación, no sólo en investigaciones como las de [Hansen et al. 2013a](#), deben tomarse con cuidado ya que, en su mayoría, en selvas tropicales, se deben a plantaciones forestales tanto de papel como de palma de aceite y no por revegetación o expansión de la vegetación natural.

Conclusiones

En la última década el incremento en la demanda de alimentos procesados, materiales para la construcción y energéticos ha propiciado un crecimiento del área destinada al cultivo de palma de aceite y recursos forestales ([Mata 2014](#)). Aun cuando lo anterior es un hecho, el mercado que mantiene esta producción ha impulsado tanto este proceso que ha pasado por encima de la pérdida de biodiversidad. Por ello, estudios como éste son de gran relevancia para la toma de decisiones, en los que, con una base científica sólida, más el uso de tecnología de punta, se puede discernir entre procesos. Por ejemplo, en un mismo territorio el avance puede ocurrir de dos formas con implicaciones radicalmente opuestas. En el primero -y peor de los escenarios- se devastan grandes extensiones de humedales para convertirlas en zonas de producción monoespecífica. En el mejor, se reconvierten pastizales artificiales hacia zonas que, por estar cubiertas de plantaciones forestales, podrían tener condiciones menos agrestes para los ecosistemas circundantes. Discernir entre estos dos procesos, como se hizo en este documento, es una tarea indispensable para entender la evolución espacio-temporal de estas actividades y así proponer acciones dirigidas hacia la conservación de los ecosistemas amenazados en la región.

En específico, la cuenca baja del Usumacinta representa un buen ejemplo de la desarticulación entre las labores de conservación y las particularidades ecosistémicas y sociales de una región. En ella las ANP otorgan alguna categoría de protección al 30 % del territorio. No obstante, esta cifra no representa el complejo panorama ecosistémico de la región debido al sesgo de la red de áreas naturales hacia la protección de los humedales de Centla. Este panorama evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de planificación de la conservación que permitan detectar y conservar los sitios más biodiversos en la región. Por ello, este documento sirve

como una herramienta para proponer nuevas Áreas Naturales Protegidas, que se constituyen como la estrategia de conservación más importante a nivel mundial, diferenciándose de otros estudios por utilizar análisis de datos masivos (Hansen et al. 2013a), variables sociales (e.g. población, tenencia, entre otros) y análisis espacial.

Finalmente, la cuenca baja del Usumacinta ha sido gravemente transformada como resultado de las actividades humanas y de los programas de fomento al campo implementados en los últimos años. A partir de la información derivada de los apartados anteriores hoy sabemos que la transformación de la cobertura vegetal continúa en aumento. Además, sabemos que la distribución espacial de la transformación no es homogénea; es decir, que algunas regiones –como Centla– han sido poco impactadas y otras, (a más de 40 años del inicio del plan Balancán-Tenosique (Plan de desarrollo agropecuario) que da incentivos a productores para la mecanización agrícola), mantienen un proceso de transformación en aumento. Por ello, estos resultados invitan a nuevas investigaciones a diferenciar las variables que determina el incremento o decremento de la deforestación y a revelar cuáles son los mecanismos públicos que funcionan para desarrollar, de manera sustentable, un territorio.

Referencias

- Angelsen, A., Brockhaus, M., Sunderlin, W., Verchot, L.V. 2013. *Análisis de REDD+ Retos y opciones*. CIFOR. Bogor, Indonesia.
- Arriaga, L., Espinoza, J.M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L., Loa, E. (eds.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, D.F., México.
- Burivalova, Z., Allnut, T.F., Rademacher, D., Schlemm, A., Wilcove, D.S., Butler, R.A. 2019. What works in tropical forest conservation, and what does not: Effectiveness of four strategies in terms of environmental, social, and economic outcomes. *Conservation Science and Practice*, e28.
- García, A., Kauffer, E. 2011. Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: un acercamiento a su delimitación y problemática general. *Frontera norte* 23(45): 131-161.
- Covalada, S., Aguilar, S., Ranero, A., Marín, I., Paz, F. 2014. *Diagnóstico sobre determinantes de deforestación en Chiapas*. Alianza México para la reducción de emisiones por deforestación y degradación (Alianza México-REDD+) y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).
- Díaz-Gallegos, J.R., Mas, J.F., Velázquez, A. 2008. Monitoreo de los patrones de deforestación en el Corredor Biológico Mesoamericano, México. *Interciencia* 33(12): 882–890.
- Google Earth Engine Team 2015. Google Earth Engine: A planetary-scale geospatial analysis platform. [consultado en enero 2015]. Disponible en: <https://earthengine.google.com>.
- Giam, X. 2017. Global biodiversity loss from tropical deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(23): 5775-5777.
- Gillespie, T.W., Willis, K.S., Ostermann-Kelm, S. 2015. Spaceborne remote sensing of the world's protected areas. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 39(3): 388–404.
- González-Roglich, M., Villarreal, D., Castro, M.G. 2012. Evaluación de la efectividad de la Reserva Parque Luro como herramienta de conservación del Caldenal pampeano: cambios en la cobertura vegetal a nivel de paisaje entre 1960 y 2004. *Ecología austral* 22(1): 11-21.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend J.R.G. 2013a. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342: 850–853. Datos disponibles en: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend J.R.G. 2013b. Supplementary materials for High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342: 850–853. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/suppl/2013/11/14/342.6160.850.DC1>.
- INAFED 2010. "Regionalización", *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*, Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, México. Disponible en: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM27tabasco/index.html>.
- INEGI 2013. *Uso de suelo y vegetación*. Serie V (Formato electrónico). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/ususuelo/default.html#Descargas>.
- Kauffer, E. 2013. Capítulo 3: Represas en la cuenca transfronteriza del río Usumacinta: ¿un conflicto crónico? En: Kauffer, E. (ed.). *Cuencas en Tabasco: una visión a contracorriente*, pp. 101-132. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. D.F. México.
- López-Bárceñas, F. 2017. *El régimen de la propiedad agraria en México. Primeros auxilios jurídicos para la defensa de la tierra y los recursos naturales*. Centro de Orientación y Asesoría a Pueblos Indígenas A.C., Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario A.C., Servicios para una Educación Alternativa EDUCA A.C. México.
- López-Feldman, A. 2012. Deforestación en México: Un análisis preliminar. *Working papers DTE 527*. CIDE, División de Economía. D.F. México.
- Mata, B (ed.). 2014. *Palma de aceite en México. Política gubernamental e innovación tecnológica*. Honorable Cámara de Diputados y Centro de Estudios para el Desarrollo Rural sustentable y la Soberanía Alimentaria. D.F. México.
- Nagendra, H., Lucas, R., Honrado, J., Jongman, R.H.G., Tarantino, C., Adamo, M., Mairita, P. 2013. Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity and threats. *Ecological Indicators* 33: 45-59.
- Patarkalashvili, T. 2019. Deforestation threaten plant biodiversity and climate change. *Current Investigations in Agriculture and Current Research* 6(3).
- Pimentel, D., McNair, M., Buck, L., Pimentel, M., Kamil, J. 1997. The value of forest to world food security. *Human Ecology* 25(1): 91-115.
- Ramos, V.H., Burgués, I., Fleck, L.C., Castellanos, B., Albacete, C., Paiz, G., Espinosa, P., Reid, J. 2007. Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya. *Serie Técnica No. 8*. Conservation Strategy Fund, Arcata, California, USA.
- RAN 2012. *Datos abiertos del Registro Agrario Nacional*. Registro Agrario Nacional. México. Disponible en: <http://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php>. [Revisado en 2013].
- Rosa, I. M.D., Smith, M.J., Wearn, O.R., Purves, D., Ewers, R.M. 2016. The Environmental Legacy of Modern Tropical Deforestation. *Current Biology* 26: 2161-2166.
- Schoene, D., Killmann, W., von Lüpke, H., LoycheWilkie, M. 2007. Forests and Climate Change Working Paper 5. *Definitional issues related to reducing emissions from deforestation in developing countries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma, Italia.
- SERNAPAM 2013. *Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Gobierno del Estado de Tabasco. D.F. México. Disponible en: https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/sites/default/files/public_files/POET2013.pdf.
- SIMEC, CONANP 2019. *Consulta fichas ANP*. Sistema de Información Monitoreo y evaluación para la Conservación y Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas México. Disponible en: https://simec.conanp.gob.mx/consulta_fichas.php. [Revisado en 2019].
- Stegen, J. Swenson, N., Valencia, R., Enquist, B., Thompson, J. 2009. Above-ground forest biomass is not consistently related to wood density in tropical forests. *Global Ecology and Biogeography* 18:617–625.
- Sugden, A.M. 2018. Mapping global deforestation patterns. *Science* 361: 1083.
- Tudela, F. 1989. *La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco, Proyecto Integrado del Golfo*. El Colegio de México, Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados, Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. D.F. México, México.

Apéndice 1. Cambios de cobertura arbórea en la cuenca baja del Usumacinta. Tablas. Appendix 1. Forest cover changes in the Usumacinta low basin. Tables.

Tabla 1. Pérdida total de cobertura arbórea (ha) en cinco municipios de la cuenca baja del Usumacinta del 2001 al 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Table 1. Total forest cover loss (ha) in five counties in the Usumacinta low basin from 2001 to 2012. Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015.

Año	Cobertura arbórea perdida (ha)
2001	753.8
2002	1341.5
2003	4003
2004	2215.3
2005	5896.9
2006	1796.1
2007	5074
2008	2448.8
2009	3489.3
2010	1187.6
2011	983.4
2012	1816.6

Tabla 2. Pérdida anual de cobertura arbórea por municipio (ha) durante el periodo 2001-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Table 2. Annual forest cover loss per counties for the period 2001-2012. Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015.

Año	Balancán	Centla	E. Zapata	Jonuta	Tenosique
2001	351.6	42.1	32.3	64.4	263.3
2002	735.1	16.8	32.9	91.4	465.2
2003	2863.5	72.5	65	118.1	884
2004	950.5	62.6	88.4	101.7	1012.1
2005	3525.7	135.9	142.4	248.9	1844.1
2006	778.2	79.8	24.6	67.1	846.5
2007	2953	131.1	187.6	333.5	1468.9
2008	1239.8	51.6	42.8	113.9	1000.9
2009	2188.7	111.5	118.7	92.8	977.6
2010	635	20.6	54.5	41	436.7
2011	404.6	32	47.1	36.5	463.2
2012	1190.4	10.6	39.2	50.4	525.9

Tabla 3. Total de hectáreas perdidas por municipio en la cuenca baja del Usumacinta durante el periodo 2000-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine, 2015.

Table 3. Total forest cover loss hectares per counties in the low Usumacinta basin during 2000-2012 period. Source: Own creation with data from Google Earth Engine, 2015.

Municipio	Pérdida total (ha)
Balancán	17816.1
Centla	767.3
E. Zapata	875.3
Jonuta	1359.5
Tenosique	10188.3

Tabla 8. Pérdida total de cobertura arbórea en cuatro paisajes de los municipios de la cuenca baja del Usumacinta para el periodo 2000-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y el RAN, 2015.

Table 8. Total forest cover loss in four landscapes in the Usumacinta low basin counties for the 2000-2012 period. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

Municipio	Pérdida total por paisaje (ha)
Balancán	6925
Chaschoc	210
El Cometa	0.6
Jonuta	117.8

Tabla 9. Total de hectáreas transformadas de pastizal a cobertura arbórea en cuatro paisajes de la cuenca baja del Usumacinta. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y el RAN, 2015.

Table 9. Total grazing cover change hectares to forest cover per counties in four landscapes in the Usumacinta low basin. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

Ventana	Ejido	Propiedad privada	Terreno nacional	Zona federal	Sin información
Balancán	2.7	1	1.3	0.9	94.1
Chaschoc	10.7	77	1.5	0.4	10.4
El Cometa	-	-	-	-	-
Jonuta	89.5	9.4	0.5	-	0.5

Tabla 10. Cobertura de uso de suelo y vegetación (Serie V, INEGI) para cuatro paisajes de la cuenca baja del Usumacinta. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2015.

Table 10. Land use and vegetation cover in four landscapes in the Usumacinta low basin. Source: Own creation with data from INEGI, 2015. Source: Own creation with data from INEGI, 2015.

Uso de suelo y vegetación	Balancán	Chaschoc	El Cometa	Jonuta
Agricultura de riego anual	-	2549.8	-	-
Agricultura de temporal anual	-	273.2	-	-
Asentamientos humanos	426.3	-	-	-
Cuerpo de agua	1776.8	1152.2	167.5	1286.9
Manglar	-	-	4086.1	-
País extranjero	69.2	-	-	-
Pastizal cultivado	50951.4	1543.5	836.0	4979.7
Pastizal inducido	-	1442.7	-	-
Popal	-	-	232.5	-
Sabana	-	-	-	888.5
Selva alta perennifolia	3881.0	-	-	-
Selva baja espinosa subperennifolia	3725.6	-	-	-
Selva baja perennifolia	-	-	-	798.6
Sin vegetación aparente	-	-	-	2280.0
Tular	7874.4	456.3	8741.9	3870.8
Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia	13618.9	-	-	0.1
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	2223.2	5537.0	-	-
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia	212.7	-	-	-
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	-	1164.6	-	-

Tabla 4. Total de hectáreas perdidas por municipio en la cuenca baja del Usumacinta por el tipo de propiedad. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y el RAN, 2015.

Table 4. Total forest cover loss hectares per counties, per property rights in the low Usumacinta basin. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

Municipio	Ejido	Pequeña propiedad	Propiedad privada	Terreno nacional	Zona federal	Sin información
Balancán	8903.2	-	2762.9	1797.5	619.6	3733
Centla	169.3	132.2	380.4	29.5	13.1	42.7
E. Zapata	203.9	-	517.3	83.4	1.8	68.9
Jonuta	879.8	0.2	417.6	10	0.6	51.3
Tenosique	5487	5487	1183.4	212.3	85.2	3220.3

Tabla 5. Conversión total de hectáreas de pastizal o humedal a cobertura arbórea por municipio en el periodo 2000-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y el RAN, 2015.

Table 5. Total wetland and grazing cover change hectares per counties in 2000 - 2012 period. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

Municipio	Conversión total de pastizal a cobertura arbórea (ha)	Conversión total de humedal a cobertura arbórea (ha)
Balancán	8407.3	57.6
Centla	183.2	15.8
E. Zapata	523.1	30.5
Jonuta	364.2	139.2
Tenosique	2102.9	92.3

Tabla 6. Total de hectáreas transformadas de pastizal a cobertura arbórea por municipio y por tipo de propiedad en la cuenca baja del Usumacinta. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y el RAN, 2015.

Table 6. Total grazing cover change hectares to forest cover per counties, per property rights in the low Usumacinta basin. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

Municipio	Ejido	Pequeña Propiedad	Propiedad privada	Terreno nacional	Zona federal	Fraccionamiento
Balancán	3593.8	-	1673.6	647.3	246.1	6.7
Centla	12	2	114.6	12.4	34.7	0.1
E. Zapata	-	-	364.1	40.2	5.3	99.1
Jonuta	242.4	-	114.9	0.8	-	-
Tenosique	924.8	-	715.1	5	109.7	-

Tabla 7. Total de hectáreas transformadas de humedal a cobertura arbórea por municipio en la cuenca baja del Usumacinta. Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth Engine y el RAN, 2015.

Table 7. Total wetland cover change hectares to forest cover per counties, per property rights in the low Usumacinta basin. Source: Own creation with data from Google Earth Engine and RAN, 2015.

Municipio	Ejido	Pequeña Propiedad	Propiedad privada	Terreno nacional	Zona federal	Fraccionamiento
Balancán	8.6	-	12.1	24.2	1.9	-
Centla	4.6	2.5	4.5	2.3	0.1	-
E. Zapata	5.2	-	3.7	20.7	0.1	-
Jonuta	91.7	-	36.5	0.4	-	-
Tenosique	38.3	-	20	17.8	11.8	-

Tabla 11. Unidades de gestión ambiental para cuatro paisajes de la cuenca baja del Usumacinta. Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de Ordenamiento del Estado de Tabasco, 2013, SERNAPAM. 2015.

Table 11. Environmental management units in four landscapes in the Usumacinta low basin. Source: Own creation with Programa de Ordenamiento del Estado de Tabasco, 2013, SERNAPAM. 2015.

Unidades de gestión	Balancán	Chaschoc	El Cometa	Jonuta
ANP	7948.8	-	12463.2	5011.9
Aprovechamiento	25180.6	3004.8	-	-
Conservación	18211.0	10551.3	-	7732.8
Zonas prioritarias de conservación	-	-	-	1359.9
Restauración	33344.6	-	-	-

Apéndice 2. Cambios de cobertura arbórea en la cuenca baja del Usumacinta. Paisajes.
Appendix 2. Forest cover changes in the Usumacinta low basin. Landscapes.



Figura 1. Plantaciones de palma de aceite, 2014. Fuente: Alberto Gallardo, 2014.

Figure 1. Palm oil plantations, 2014. Source: Alberto Gallardo, 2014.



Figura 2. Río San Pedro, Balancán, 2014. Fuente: Alberto Gallardo, 2014.

Figure 2. San Pedro river, Balancán, 2014. Source: Alberto Gallardo, 2014.



Figura 3. Humedales de Jonuta, 2014. Fuente: Alberto Gallardo, 2014.
Figure 3. Jonuta wetlands, 2014. Source: Alberto Gallardo, 2014.



Figura 4. Chaschoc, Emiliano Zapata, 2014. Fuente: Alberto Gallardo, 2014.
Figure 4. Chaschoc, Emiliano Zapata, 2014. Source: Alberto Gallardo, 2014.



Figura 5. El Cometa, Centla, 2014. Fuente: Drone-eXom, 2014.

Figure 5. El Cometa, Centla, 2014. Source: Drone-eXom, 2014.