

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA DINÁMICA DE USO DEL SUELO ASOCIADA AL CULTIVO PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*) EN MÉXICO

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE LAND USE DYNAMIC ASSOCIATED WITH OIL PALM (*Elaeis guineensis*) PLANTATIONS IN MEXICO

Dulce A. Hernández-Rojas¹, Fabiola López-Barrera², Martha Bonilla-Moheno^{3*}

¹Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. 91017. Xalapa, Veracruz, México. (dulce.hdz303@gmail.com). ²Red de Ecología Funcional; ³Red de Ambiente y Sustentabilidad, Instituto de Ecología, A.C. 91070. Carretera antigua a Coatepec, 351. El Haya, Xalapa, Veracruz, México. (fabiola.lopez@inecol.mx) (martha.bonilla@inecol.mx).

RESUMEN

El monocultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) muestra incremento en el mundo. Las plantaciones han impactado los paisajes tropicales por la disminución de la vegetación natural o el remplazo de otros cultivos. La expansión del cultivo de la palma de aceite en México aumentó y se prevé que esta tendencia continúe. No se han documentado las regiones donde este cultivo ha incrementado y cómo ha impactado en la dinámica de uso de suelo. Esta información es necesaria para orientar políticas públicas. Los objetivos de este estudio fueron 1) analizar la tendencia de cambio en la superficie sembrada con palma de aceite en México en los últimos 30 años, y 2) evaluar el cambio de uso del suelo en municipios con superficies extensas del cultivo. Para esto, analizamos datos gubernamentales e identificamos las plantaciones de palma en cuatro de los principales municipios donde se cultiva. Además, con herramientas de Sistemas de Información Geográfica, analizamos de forma preliminar el área y las coberturas que se remplazaron. En México, el área dedicada a este cultivo aumentó más de 70 veces (de 1318 a 90 118 ha) entre 1985 y 2016; en Chiapas, Campeche, Tabasco y Veracruz se localizan mayormente estas plantaciones. Las plantaciones de la palma se localizan en superficie en la que se remplazaron otros sistemas agropecuarios. En algunos municipios, esa área superó o igualó la de cultivos con maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum* spp.), lo que podría repercutir en la seguridad alimentaria. Aunque en menor escala, la expansión del cultivo de la palma también fomentó la pérdida y transformación de vegetación natural de algunos de los municipios estudiados.

ABSTRACT

Oil palm (*Elaeis guineensis*) monocrop has increased worldwide. Plantations have had an impact on tropical landscapes decreasing natural vegetation or replacing other crops. The cultivation of oil palm in Mexico increased and this trend will likely continue. However, there are no documents about the regions where this crop has increased and its impact on the local land use dynamics. This information would help guide public policies. This study had the following objectives: 1) to analyze the trend in the change in the surface where oil palm has been cultivated in Mexico over the last 30 years; and 2) to evaluate changes to land use in municipalities with extensive cultivation surfaces. For this, government data was analyzed and palm plantations in four of the municipalities with major palm plantations were identified. Additionally, Geographic Information Systems were used to conduct a preliminary analysis of the area and of the covers that were replaced. In Mexico, the area in which palm is cultivated has increased seventyfold (from 1318 to 90 118 ha) from 1985 to 2016. Most of those plantations are located in Chiapas, Campeche, Tabasco, and Veracruz. Overall, palm plantations replaced other agricultural systems. In some municipalities, this area exceeded or was the same as the area used for corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum* spp.) crops. This might have repercussions on food security. Although on a smaller scale, the expansion of palm crops also boosted the loss and transformation of natural vegetation in some of the municipalities that were part of this study.

Key words: biofuel, land use change, loss of natural vegetation, monocrops.

INTRODUCTION

The world demand for staple crops, forages, and biofuels has augmented at an unprecedented rate and the agricultural surface has

*Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2017. Aprobado: noviembre, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 875-893. 2018.

Palabras claves: biocombustible, cambio de uso del suelo, pérdida de vegetación natural, monocultivo.

INTRODUCCIÓN

La demanda mundial de cultivos básicos, forrajes y biocombustibles aumenta a un ritmo sin precedentes, y se refleja en el incremento del área agrícola (Tilman *et al.*, 2001; Gibbs *et al.*, 2010; Guerrero-Peña *et al.*, 2013). En escala global, la expansión agrícola mayor se ha producido en regiones tropicales y se identifica como una de las causas principales de deforestación, fragmentación y degradación de ecosistemas (Geist y Lambin, 2002; Foley *et al.*, 2005; Green *et al.*, 2005). Entre 1980 y 1990 más de 80 % de tierras agrícolas reemplazaron a los bosques tropicales, y se calcula que en 2050 la demanda mundial de productos agrícolas podría aumentar 50 %, y los países tropicales cubrirán la demanda mayor (Gibbs *et al.*, 2010). Esta intensificación agrícola y expansión de monocultivos tienen consecuencias ambientales graves para los ecosistemas tropicales, como erosión, desgaste de los nutrientes del suelo, competencia local por agua, pérdida de biodiversidad y deterioro del paisaje (Tilman *et al.*, 2001; Koh y Ghazoul, 2008; Gibbs *et al.*, 2010).

El aceite de palma y de palmiste se obtiene de la palma de aceite o africana (*Elaeis guineensis* Jacq. 1897) y lo demandan diversas industrias (Henderson y Osborne, 2000; Corley y Tinker, 2003; Tan *et al.*, 2009). A principio del siglo XX la demanda de esos aceites comenzó a superar su producción y las primeras plantaciones se establecieron en el sureste asiático (Henderson y Osborne, 2000). Entre 1960 y 2000 la producción global de los derivados de la palma aumentó de 1.7 a 23.8 millones de t (Corley y Tinker, 2003). En consecuencia el área destinada para las plantaciones de este monocultivo ha aumentado principalmente en Malasia e Indonesia y se expanden rápido en regiones de África, Centro América y el Amazonas. En la actualidad se calcula que las plantaciones de palma actuales ocupan 17 millones de ha y que la superficie potencial para su cultivo podría ser mayor a 200 millones de ha (Pirker *et al.*, 2016). El establecimiento de estas plantaciones causa impactos graves en los sistemas tropicales, como deforestación, contaminación, sequías, conflictos por la tierra y pérdida de biodiversidad (Fitzherbert *et al.*, 2008; Koh y Wilcove, 2008; Foster *et al.*, 2011; Savilaakso *et al.*,

consequently increased (Tilman *et al.*, 2001; Gibbs *et al.*, 2010; Guerrero-Peña *et al.*, 2013). On a global scale, the highest agricultural expansion has taken place in tropical regions and it is identified as one of the main causes of deforestation, fragmentation, and degradation of ecosystems (Geist and Lambin, 2002; Foley *et al.*, 2005; Green *et al.*, 2005). From 1980 to 1990, over 80 % of tropical forests were replaced by agricultural lands, and it is calculated that by 2050 the world demand of agricultural products could increase by 50 % and tropical countries will meet the largest demand (Gibbs *et al.*, 2010). This agricultural intensification and the expansion of monocrops have severe environmental consequences for tropical ecosystems, such as soil erosion and nutrient depletion, competition for water resources at a local scale, loss of biodiversity, and landscape deterioration (Tilma *et al.*, 2001; Koh and Ghazoul, 2008; Gibbs *et al.*, 2010).

Palm oil and palm kernel oil are obtained from the African oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq. 1897) and are required by several industries (Henderson and Osborne, 2000; Corley and Tinker, 2003; Tan *et al.*, 2009). In the early 20th century, the demand for these oils began to exceed their production and the first plantations were established in southeastern Asia (Henderson and Osborne, 2000). However, from 1960 to 2000, the world production of palm by-products underwent an increase from 1.7 to 23.8 million t (Corley and Tinker, 2003). Consequently, the area allocated for these monocrop plantations has mainly increased in Malaysia and Indonesia and it has quickly expanded in certain regions of Africa, Central America, and the Amazonia. Currently, palm plantations occupy approximately 17 million ha and their potential cultivation surface could exceed 200 million ha (Pirker *et al.*, 2016). The establishment of these plantations has severe impacts on tropical systems, such as deforestation, pollution, droughts, conflicts over the land, and loss of biodiversity (Fitzherbert *et al.*, 2008; Koh and Wilcove, 2008; Foster *et al.*, 2011; Savilaakso *et al.*, 2014; Lees *et al.*, 2015; Mandal and Shankar, 2016). Additionally, biofuel-oriented crops (such as oil palm), could replace food crops and created food insecurity in the countries where it is cultivated (Carrere, 2006).

Mexico is a major consumer of oil palm by-products. Although there are currently palm plantations in Mexico, domestic production only meets 61.5 % of the demand, while the remainder

2014; Lees *et al.*, 2015; Mandal y Shankar, 2016). Además, los cultivos destinados para biocombustibles, como la palma de aceite, podrían remplazar a los de alimentos y generar inseguridad alimentaria en los países donde se cultiva (Carrere, 2006).

México es consumidor importante de los derivados de la palma de aceite. Aunque hay plantaciones de este cultivo, la producción nacional sólo satisface el 61.5% de la demanda, y el resto se importa de Guatemala, Costa Rica y Colombia (SAGARPA, 2017). Para satisfacer esta demanda nacional y de exportación se calcula que hay más de ocho millones de ha con potencial alto para este cultivo (SAGARPA, 2017) y los gobiernos estatales y programas federales impulsan su producción (Sánchez, 2003; SAGARPA, 2017). Este escenario de expansión de palma de aceite requiere evaluar el impacto de este cultivo en el cambio de uso del suelo e identificar los cultivos remplazados.

El objetivo de este estudio fue evaluar el aumento en el área de cultivo de palma de aceite en las tres décadas recientes en México y estimar preliminarmente su impacto como agente de cambio de uso del suelo regional. Los objetivos particulares fueron identificar las tendencias: de cambio de la superficie estatal y municipal sembrada con palma de aceite y de remplazo de vegetación natural y de otros cultivos en los municipios con mayor superficie sembrada de palma de aceite. Esta información ayudará a entender el alcance de la siembra de palma de aceite en el territorio nacional y orientar las políticas públicas relacionadas con la integridad ecológica de los paisajes tropicales donde se encuentra este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis del cultivo se realizó en dos etapas: 1) compilación de información de la superficie nacional, estatal y municipal sembrada con palma de aceite, y 2) análisis preliminar del cambio de uso del suelo en municipios de los estados identificados en la primera etapa.

La información de la superficie sembrada con la palma se obtuvo de las bases de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), abarcó el periodo de 1980 a 2016, ciclo del cultivo por año agrícola y perenne, con riego y en secano. Los municipios de cada estado con superficie mayor de plantaciones de la palma en 2015 se seleccionaron con base en la mayor superficie sembrada e identificación de las plantaciones en imágenes de satélite, de alta resolución, en la plataforma Google

is imported from Guatemala, Costa Rica, and Colombia (SAGARPA, 2017). It is estimated there are over 8 million ha with high potential for the cultivation of palms that could meet the domestic and international demand (SAGARPA, 2017), and state governments and federal programs promote its production (Sánchez, 2003; SAGARPA, 2017). This oil palm expansion scenario requires evaluating the impact that this crop has in land use change and in replacing staple crop.

The objective of this study was to evaluate the increment in the oil palm cultivation area during the last three decades in Mexico, and to preliminary estimate its impact as an agent of regional land use change. In particular, identifying the trends in: change of the regional and local surface where oil palm is cultivated; replacement of natural vegetation and other crops in the municipalities where oil palm cultivation areas cover a wider area. This information will help to understand the scope of oil palm cultivation in Mexico and to guide public policies related to the environmental integrity of the tropical landscapes where this crop exist.

MATERIALS AND METHODS

Crops analyses were conducted in two stages: 1) information about the national, regional, and local surface sown with oil palm was compiled; and 2) a preliminary analysis of land use change in the municipalities of the states identified during the first stage.

The information about the surface sown with oil palm was obtained from the databases of the Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017): It covered the 1980-2016 period, cultivation cycles per agricultural year and constant cycles, in irrigated and non-irrigated lands. The municipalities from the states with larger palm cultivation areas in 2015 were selected based on the surface sown and the availability of high-resolution satellite images taken from Google Earth where oil palm plantations could be identified. Additionally, surface variation for the main crops was analyzed and it was compared with the surface variation for oil palms.

Land use change in the selected municipalities was subject to a retrospective analysis, which was carried out based on the on-screen identification and digitalization of the area in which oil palm plantations are found. For this purpose, the most recent images (2010-2016) for these municipalities available in Google Earth were used. Overall, 1266 sites were digitalized, out of which 66 % accounted for images from 2016, followed by 12 % and

Earth. Además, la variación en superficie de los principales cultivos se analizó y comparó con la variación en superficie con la palma de aceite.

El análisis del cambio de uso del suelo en los municipios seleccionados fue retrospectivo y se realizó desde la identificación y digitalización en pantalla de las áreas donde actualmente se ubican las plantaciones de palma de aceite. Para esto se usaron las imágenes más recientes para los municipios de estudio disponibles en Google Earth, las cuales abarcaron el periodo 2010 a 2016. En total se digitalizaron 1266 polígonos de los cuales el 66 % correspondió a imágenes de 2016, seguido por 12 % de 2012 y 11 % de 2014. El 11 % restante correspondió a imágenes de los demás años. Los polígonos se digitalizaron a una altura del ojo mínima de 300 m y el tamaño promedio fue 9.8 ha (± 0.6 EE), con una variación de 1 a 478 ha. Debido a que el aspecto de las palmas cambia con su edad (Gutiérrez-Vélez y DeFries, 2013), sólo se trazaron polígonos en plantaciones que contaban con palmas maduras ya que su follaje muestra características peculiares de textura, color y forma (*i.e.*, estrella) que las distinguen de otras plantaciones, como las de mango. A diferencia de las plantaciones de palma de coco, las de palma de aceite tienen alta densidad de individuos y arreglo particular de siembra, generalmente en bloques rectangulares y siempre cercanas a caminos (Figura 1).

Los polígonos resultantes se convirtieron a archivos de vectores y se proyectaron sobre las cinco Series de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI (1:250 000) para identificar los usos de suelo que tenían estas mismas áreas en años anteriores. Las Series de Uso del Suelo y Vegetación abarcan información de los últimos treinta años (Serie I de 1968 a 1986; Serie II, 1990; Serie III, 2005; Serie IV, 2009; y Serie V, 2013; INEGI, 2016). Una vez identificadas las coberturas dentro de los polígonos en

11 % of images from 2012 and 2014, respectively. The remaining 11 % belonged to images from the other years. The sites were digitalized at a minimum 300-meter eye line. The average area of the sites was 9.8 ha (± 0.6 SE), with a variation of 1 to 478 ha. Since palms look different with age (Gutiérrez-Vélez and DeFries, 2013), only plantations that had mature palms were included, because their foliage has similar special characteristics such as texture, color, and shape (*i.e.*, star) which set them apart from other plantations, such as mango. Unlike coconut palm plantations, oil palm plantations have a high density and a particular crop arrangement, usually in rectangular blocks, and they are usually found in the vicinity of roads (Figure 1).

The resulting sites were transformed into vector files and they were projected over the five Land Use and Vegetation series developed by INEGI (1:250 000), to identify the land uses that these same areas were given in previous years. The Land Use and Vegetation Series include information from the last thirty years (Series I, from 1968 to 1986; Series II, 1990; Series III, 2005; Series IV, 2009; and Series V, 2013; INEGI, 2016). Once the covers that existed within the zones in the various years were identified, cover transition was determined. The data obtained were grouped into five main classes (*i.e.*, agricultural, pasture, rainforest, aquatic vegetation, and other kind of vegetation) and transition matrices were developed with the aim of identifying the percentage of the sites that changed from one land use to another, from one period to another. For each matrix, only the main cover classes are shown. Therefore, adding up all the covers according to their percentage does not always add up to 100 %. Although, Velázquez *et al.* (2002) questioned the validity of comparing vegetation series, based on methodological differences, they are used throughout Mexico to



Figura 1. Ejemplo de digitalización de plantaciones de palma de aceite en imágenes de Google Earth.
Figure 1. Example of the digitalization of oil palm plantations based on Google Earth images.

varios años, se determinó la transición de coberturas. Los datos obtenidos se agruparon en cinco clases principales (*i.e.*, agrícola, pastizal, selva, vegetación hidrófila y otro tipo de vegetación) y se elaboraron las matrices de transición para identificar el porcentaje del área que transitaron de un uso del suelo a otro entre cada periodo. En cada matriz se muestran solo las clases principales de cobertura, por lo que la suma del porcentaje coberturas en cada período no siempre suma 100 %. Aunque se discute la validez de las comparaciones entre series de vegetación debido a diferencias metodológicas (Velázquez *et al.*, 2002), éstas se usan en México para mostrar tendencias de tipo de vegetación remplazada (vegetación primaria respecto a cultivos) y son una referencia útil. Sin embargo, debe considerarse que las series de INEGI tiene un área mínima cartografiada de 50 ha para vegetación y 25 ha para agricultura y pastizal inducido, mientras que con Google Earth identificamos cultivos de 1 ha, por lo que el análisis realizado usó el área acumulada de palma de aceite en cada municipio como parte de un estudio preliminar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área dedicada al cultivo de palma de aceite en México aumentó casi 70 veces, de 1318 ha en 1985 a 90 118 ha en 2016 (Figura 2). Entre 1985 y 1995 el aumento de superficie sembrada fue 2758 ha, equivalente a 180 ha por año. Desde 1995 la tasa de aumento creció a 4000 ha por año. Entre 1985 y 2016 de acuerdo al área sembrada el cultivo de palma pasó del número 102 al 24 en el país. Al aumentar el área, la producción nacional también aumentó, de 1600 t (1985) a más de 700 000 (2016). Entre 2003 y 2016 el aumento acumulado en superficie sembrada fue 209 % (SAGARPA, 2017). El aumento acelerado de este cultivo se debe a los ingresos económicos que genera, al respaldo gubernamental para la siembra de cultivos biocombustibles y al interés de los pequeños productores por introducir este cultivo, por el fracaso de otras actividades productivas (Castellanos-Navarrete y Jansen, 2017).

Las plantaciones de la palma se establecieron en Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz. Las primeras plantaciones de la palma se establecieron en 1948, en la región del Soconusco en la costa de Chiapas (INIFAP, 1999) y en 1978, con los primeros proyectos en gran escala en ese estado, se establecieron más de 2500 ha en los municipios de Acacoyagua, Acapetahua, Mapastepec y Villa Comaltitlán (SAGARPA, 2004a; ANIAME, 2006). En Veracruz y Campeche se establecieron las primeras plantaciones

show trends in the kind of vegetation that is replaced (primary vegetation versus crops) and they are useful reference values. Nevertheless, the INEGI series have a minimum mapping unit of 50 ha (vegetation) and 25 ha (agriculture and pastureland), while Google Earth identifies even 1 ha crops. Therefore, as part of a preliminary study, this analysis included the area for oil palm accumulated in each municipality.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The area dedicated to cultivate oil palm in Mexico has increased almost seventyfold from 1318 ha (1985) to 90 118 ha (2016) (Figure 2). From 1985 to 1995, the area sown increased by 2758 ha, equivalent to 180 ha per year. From 1995, the increase rate reached 4000 ha per year. In fact, from 1985 to 2016—based on the area cultivated in the whole country—palm move up from rank 102 to 24. As its area increased, so did domestic production: from 1600 (1985) to over 700 000 (2016) tonnes. From 2013 to 2016, the cultivated area showed a cumulative increase of 209 % (SAGARPA, 2017). The rapid increase of this crop is the result of the economic income it generates, the governmental support for the cultivation of biofuel crops, and the interest of small producers in the introduction of this crop, mainly as a consequence of the failure of other productive activities (Castellanos-Navarrete and Jansen, 2017).

Palm plantations were established in Campeche, Chiapas, Tabasco, and Veracruz. The first palm plantations were established in 1948, in the Soconusco region of the coast of Chiapas (INIFAP, 1999) and with the first large-scale projects more than 2500 ha were established in that state in 1978, in the municipalities of Acacoyagua, Acapetahua, Mapastepec, and Villa Comaltitlán (SAGARPA, 2004a; ANIAME, 2006). The first plantations in Veracruz and Campeche were established in 1997 (Sánchez, 2003), while the first plantation in Tabasco was established the following year (SAGARPA, 2004b). Local governments in those states have encourage the production of this crop, as a way to create permanent jobs in the industry and farm lands, maintain social stability in the zone, and prevent migration by settling producers in their smallholdings (SAGARPA, 2004c).

Palm crops are currently found in 52 municipalities throughout those states. The greatest sown surface is found in Chiapas (43 443 ha), followed by Campeche (23 328 ha), Tabasco (16 195 ha), and

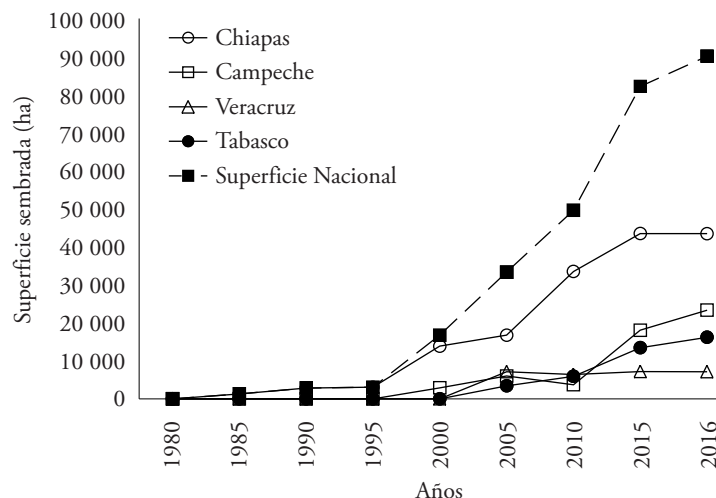


Figura 2. Incremento en superficie sembrada de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) durante el periodo 1980-2016 en México. Datos nacionales: línea punteada; datos estatales: línea continua. (SIAP, 2017).

Figure 2. Increase in the cultivation area of oil palm (*Elaeis guineensis*) during the 1980-2016 period in Mexico. Domestic data: dotted line; state data: continuous line. (SIAP, 2017).

en 1997 (Sánchez, 2003) y en Tabasco un año después (SAGARPA, 2004b). En estos estados, los gobiernos incentivan la producción de este cultivo para crear empleos permanentes en la industria y el campo, mantener la estabilidad social de la zona y prevenir la migración al arraigar a los productores a sus parcelas (SAGARPA, 2004c).

El cultivo actual de palma de aceite se localiza en 52 municipios de esos estados. Chiapas tiene la superficie sembrada mayor (43 443 ha), le siguen Campeche (23 328 ha), Tabasco (16 195 ha) y Veracruz (7151 ha). La predicción es que en los próximos años esas áreas tendrán un aumento considerable. Para establecer el cultivo se identifican superficies potenciales mayores a 900 000, 1 120 000 y 700 000 ha en Chiapas (SAGARPA, 2004a), Tabasco (SAGARPA, 2017) y Campeche (SAGARPA, 2017). INIFAP (1999) identificó las regiones de Texistepec, Jesús Carranza, Las Choapas y Uxpanapan, en el sur del estado de Veracruz, con potencial para este cultivo. En Campeche se proyectó la apertura de una nueva planta extractora del aceite y su transformación a biodiesel (Unidad de Comunicación Social, 2014), lo que podría expandir el cultivo de la palma.

El porcentaje de área dedicada al cultivo de la palma en 2016, respecto a la superficie de cada municipio, fue

Veracruz (7151 ha). This area will likely undergo a significant increase in the following years. The following surfaces for the potential establishment of this crop are identified: 900 000 in Chiapas (SAGARPA, 2004a), 1 120 000 in Tabasco (SAGARPA, 2017), and 700 000 in Campeche (SAGARPA, 2017). In 1999, INIFAP determined that this crop could potentially be established in the regions of Texistepec, Jesús Carranza, Las Choapas, and Uxpanapan, in southern Veracruz. A new oil extracting plant has been planned in Campeche, where oil will be transformed into biodiesel (Unidad de Comunicación Social, 2014), which could expand palm cultivation.

The percentage of the area used to cultivate palm in each municipality was: 19.0 % (10 550 ha) in Acapetahua, Chiapas; 4.7 % (1415 ha) in Mecayapan, Veracruz; 1.2 % (4571 ha) in Balancán, Tabasco; and 1.2 % (11 342 ha) in Carmen, Campeche (SIAP, 2017; INEGI, 2016). The average area (± 1 SE) of the digitalized plantations was different from one municipality to another. From greater to lesser, they were ranked as follows: Carmen (13.9 ± 1.2 ha), Acapetahua (12.4 ± 1.1 ha), Balancán (6.2 ± 0.5 ha), and Mecayapan (3.6 ± 0.3 ha). In some municipalities, plantations cover huge areas, while in others they are concentrated in certain regions (Figure 3).

19.0 (10 550 ha) en Acapetahua, Chiapas, 4.7 (1415 ha) en Mecayapan, Veracruz, 1.2 (4571 ha) en Balancán, Tabasco y 1.2 (11 342 ha) en Carmen, Campeche (SIAP, 2017, INEGI 2016). El área promedio (± 1 error estándar) de las plantaciones digitalizadas varió entre municipios, de mayor a menor en Carmen (13.9 ha ± 1.2), Acapetahua (12.4 ha ± 1.1), Balancán (6.2 ha ± 0.5) y Mecayapan (3.6 ha ± 0.3). En algunos municipios las plantaciones son extensas y en otros se concentran en ciertas regiones (Figura 3).

El análisis preliminar de uso del suelo de las áreas que ocupan las plantaciones de palma de aceite mostró que antes tuvieron coberturas diversas (Figura 4). Las series de usos de suelo y vegetación mostraron que en 1980 las coberturas del área actual de la palma eran agrícolas, otros tipos de vegetación, selva, vegetación hidrófila y pastizales, y esta última era la dominante (52 %). Esta cobertura dominó en 1990 (71 %) y la transición mayor ocurrió entre 1990 y 2005, cuando 69 % de la cobertura de pastizal pasó a uso agrícola. Desde 2005 la cobertura agrícola dominó (>90 %) y la de selva tuvo la extensión menor (6 %, aproximadamente; Figura 4).

Los resultados de esta muestra de cuatro municipios del sureste de México, indican que desde hace más de una década, 6 % de las áreas ocupadas por palma de aceite proviene de vegetación natural. Esto concuerda con lo reportado por Vijay *et al.* (2016) y Furumo y Aide, (2017), quienes determinaron que las tendencias en el sureste de Asia y África son opuestas a las de México y Sudamérica, donde el incremento en el área de plantaciones de la palma ha sucedido en áreas previamente transformadas. Aunque la cifra no parece significativa, debe considerarse que estos remanentes de vegetación natural proveen servicios ecosistémicos, como regulación hídrica y de clima, son refugio de flora y la fauna (Foley *et al.*, 2005) y su transformación amenaza a ciertas especies (Tan *et al.*, 2009).

Análisis municipal

Los análisis de cambio de uso del suelo por municipio ilustran las distintas tendencias de cambio de uso del suelo que este cultivo genera en el sureste del país. Desde hace una década, Acapetahua, Chiapas es el municipio con mayor superficie sembrada de palma de aceite a nivel estatal y nacional. Aunque el cultivo dominante del municipio son los pastos, desde 2008 éstos muestran una constante reducción

The preliminary land use analysis in the areas where oil palm plantations are established showed they previously featured various covers (Figure 4). The land use and vegetation series showed that, in 1980, the areas currently covered by palms were used for agriculture or had other types of vegetation (rainforest, aquatic vegetation, and pastures). Pastures were the dominating vegetation (52 %). This cover was dominant in 1990 (71 %). The major transition took place between 1990 and 2005. During that period, 69 % of the pasture cover became agricultural land. Agricultural cover dominated since 2005 (>90 %), while rainforest areas occupied the lowest rank (approximately 6 %; Figure 4).

The results of this sample taken from four municipalities in southeastern Mexico point out that, starting more than a decade ago, 6 % of the areas where oil palm is cultivated was occupied by natural vegetation. These findings match the results of other studies (Vijay *et al.*, 2016; Furumo and Aide, 2017), which determined that trends in southeastern Asia and Africa are opposed to the trends in Mexico and South America, where the palm plantation areas have increased in areas that had been previously transformed. Although the figure may not seem significant, these remainders of natural vegetation provide ecosystem services—such as hydric and weather regulation—and they shelter flora and fauna (Foley *et al.*, 2005). Their transformation threatens certain species (Tan *et al.*, 2009).

Municipality level analysis

Land use change analysis per municipality illustrates the diverse trends in land use change that this crop has created in southeastern Mexico. Since a decade ago, the municipality of Acapetahua, Chiapas, has the greatest surface sown with oil palm in the state and the country. Although grass dominates crops in this municipality, their area has decreased constantly since 2008, while oil palm crops have enjoyed a constant increase (Figure 5). This replacement is the consequence that growing oil palm—both in the municipality, as well as in the whole state—is more profitable than creating and maintaining pastures. Only in 2016, oil palm had the highest production value in the municipality and the price of its fresh fruit per tonne was more than twice the price of pasture

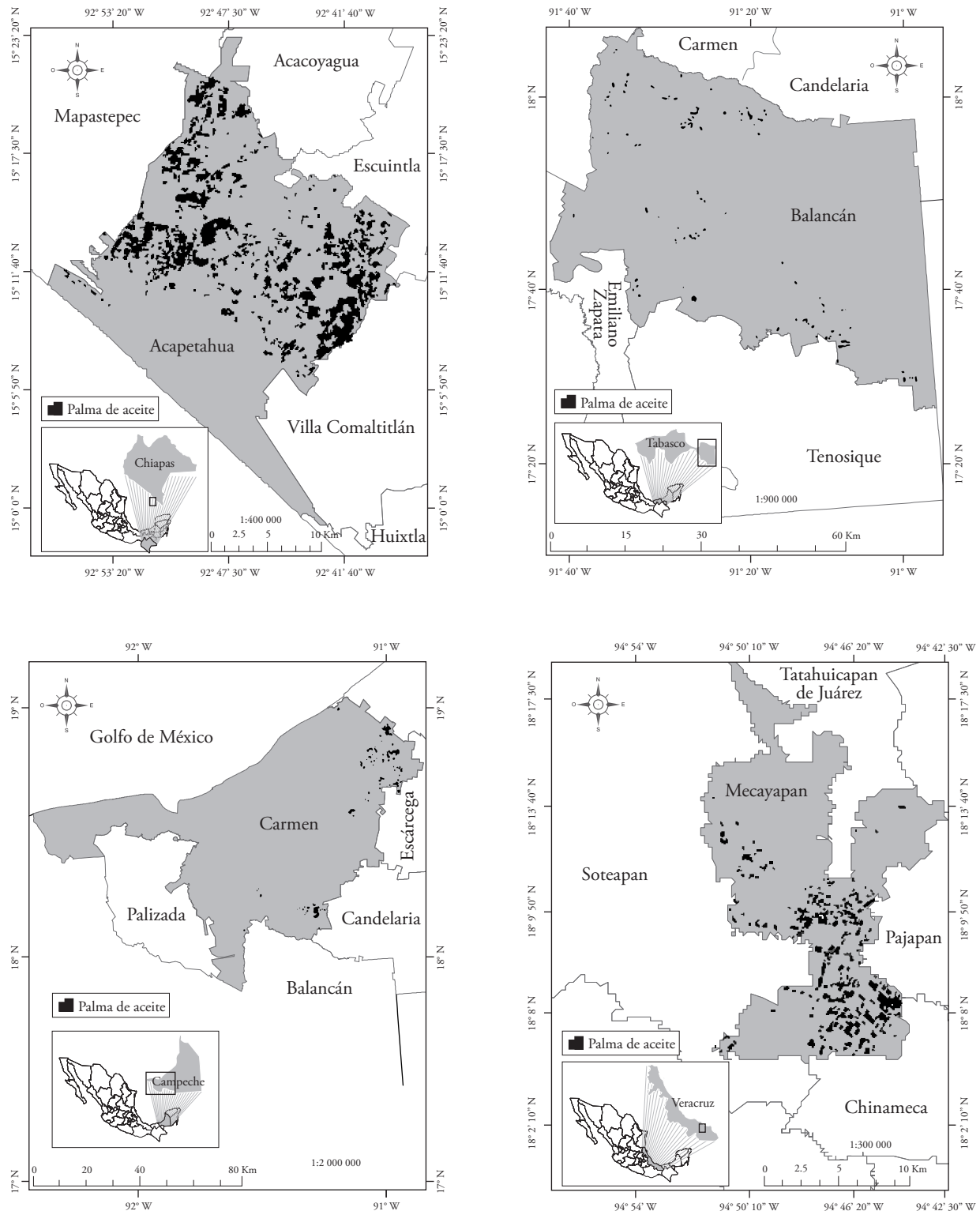


Figura 3. Municipios de estudio con la mayor superficie sembrada de palma de aceite (*Elaeis guineensis*). Los polígonos de palma de aceite corresponden a áreas identificadas en imágenes de alta resolución (2009 a 2016) en la plataforma Google Earth.
Figure 3. Municipalities under study with the largest surface sown with oil palm (*Elaeis guineensis*). Oil palm sites match areas identified through high-resolution images (2009-2016) from Google Earth.

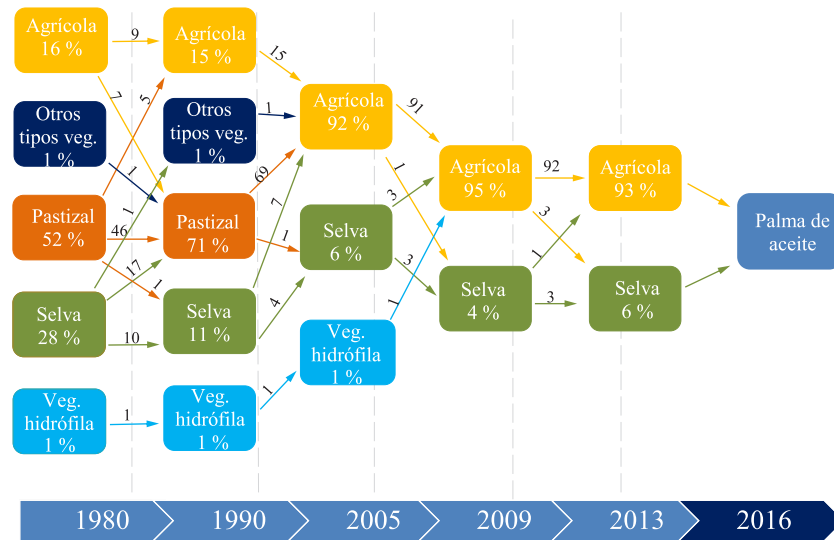


Figura 4. Matriz de transición de coberturas (1980 a 2016) de la superficie actual ocupada por palma de aceite en los municipios de Acapetahua (Chiapas), Balancán (Tabasco), Carmen (Campeche) y Mecayapan (Veracruz). Las flechas indican la dirección de cambio de una cobertura y los números negros junto a las flechas el porcentaje de cambio entre una cobertura y otra en el periodo.

Figure 4. Cover transition matrix (1980-2016) of the surface currently used for oil palm in the municipalities of Acapetahua (Chiapas), Balancán (Tabasco), Carmen (Campeche), and Mecayapan (Veracruz). Arrows indicate the direction of the cover change and black numbers next to the arrows indicate the percentage of change from one cover to another during that period.

de área, mientras que el cultivo de palma de aceite tiene un aumento constante (Figura 5). Este remplazo se puede deber a que tanto en este municipio como en el estado, el cultivo de palma de aceite es más redituable que la creación y mantenimiento de pastizales. Tan solo en el 2016, la palma de aceite tuvo el mayor valor de producción para el municipio y su precio por tonelada de fruta fresca fue de más del doble que el de los pastos (1525 y 498 pesos mexicanos equivalente a 79.5 y 25.9 dólares americanos; SIAP, 2017), situándolo como el segundo cultivo más importante del municipio. Además, en este municipio se reportó el remplazo y abandono de cultivos de alimentos básicos como maíz, plátano, mango y algunas hortalizas, por el cultivo palma de aceite (Fletes *et al.*, 2013; Mazariegos *et al.*, 2014).

El análisis de transición de vegetación para el municipio de Acapetahua muestra que fue en el periodo de 2005-2013, que la mayor área identificada ahora como plantaciones de palma de aceite correspondía uso agrícola con 99 % y solo un 1 % de vegetación hidrófila (Figura 6). El área de las plantaciones de palma de aceite 1 % se registró donde existía vegetación hidrófila y ahora estos ecosistemas están restringidos en el territorio

(\$1525 and \$498 MXN or US\$79.5 and US\$25.9 dollars; SIAP, 2017), making it the second most important crop in the municipality. Additionally, this municipality has reported that staple food crops—such as corn, banana, mango, and some vegetables—were replaced and abandoned in favor of the cultivation of oil palm (Fletes *et al.*, 2013; Mazariegos *et al.*, 2014).

The vegetation transition analysis for the municipality of Acapetahua showed that—during the 2005-2013 period—most of the area that is currently identified as oil palm plantations, was used for agricultural purposes (99 %) and by aquatic vegetation (1 %) (Figure 6). The oil palm plantation surface (1 %) was recorded where aquatic vegetation was found. Now, these ecosystems are restricted in Mexican territory (Landgrave and Moreno-Casasola, 2012). They are major carbon sinks and they provide protection against floods and storms (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005; Mitsch and Gosselink, 2015). These ecosystems were not considered attractive for agriculture in Indonesia; however, after they were drained, they became apt for this crop. Therefore, many countries have accelerated their conversion (Tan *et al.*, 2009).

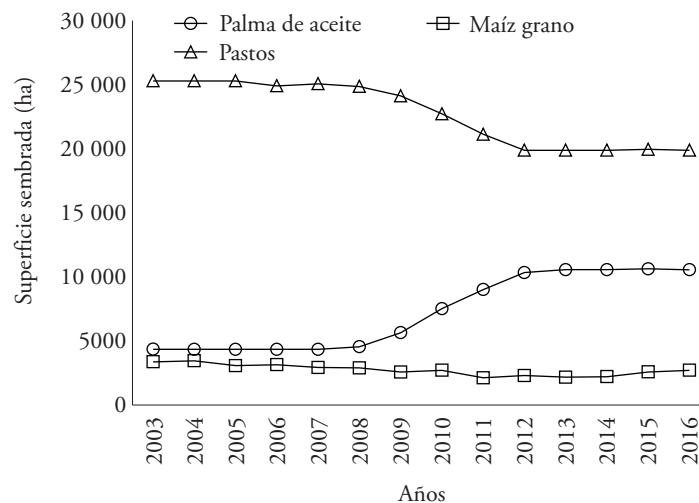


Figura 5. Variación temporal de la superficie (ha) sembrada de los cultivos más importantes en el municipio de Acapetahua, Chiapas (SIAP, 2017).

Figure 5. Temporal variation of the surface (ha) sown with the major crops in the municipality of Acapetahua, Chiapas (SIAP, 2017).

nacional (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012), son sumideros importantes de carbono y brindan protección contra inundaciones y tormentas (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005; Mitsch y Gosselink, 2015). En Indonesia, estos ecosistemas no eran atractivos para la agricultura, pero después de drenarse son favorables para este cultivo, por lo que muchos países han acelerado su conversión (Tan *et al.*, 2009).

El municipio de Carmen, Campeche, ocupa el segundo lugar nacional en superficie sembrada de palma de aceite, con rendimiento de 11.37 t ha^{-1} (SAGARPA 2017). Al inicio del 2000 ese municipio ocupaba el primer lugar y presenta más de 140 000 ha con potencial para plantar palma de aceite (SAGARPA, 2017). En este municipio, los cultivos de arroz palay, sorgo en grano y maíz en grano ocuparon, en distintos periodos, la extensión mayor de siembra; pero, el cultivo la palma ha aumentado en años recientes. El aumento en 2014 fue poco más de 100 % y ahora supera el área de siembra de maíz para producción de grano, que fue el cultivo más importante del municipio (Figura 7). Este remplazo de cultivos se debe a factores económicos. En 2016 el valor de producción de la palma de aceite en el municipio fue casi un millón y medio de dólares americanos, mientras que el de maíz fue poco más de un millón de dólares americanos (SIAP, 2017). De mantenerse esta tendencia, la palma de aceite podría remplazar todos los demás cultivos del municipio.

The municipality of Carmen, Campeche, ranks second in the country, based on the surface sown with oil palm, with a 11.37 t ha^{-1} output (SAGARPA, 2017). In early 2000, this municipality ranked first and its potential for sowing oil palm was 140 000 ha (SAGARPA, 2017). Paddy rice, grain sorghum, and grain corn occupied most of the sowing area in several periods; however, the cultivation of oil palm increased in recent years. In 2014, it increased by slightly more than 100 % and it currently overcomes the area used to grow grain corn, which was the most important crop in the municipality (Figure 7). Economic factors explain this crop replacement phenomenon. In 2016, the production value of oil palm in the municipality amounted to almost US\$1.5 million dollars, while corn amounted to slightly more than US\$1 million dollars (SIAP, 2017). If this trend continues, oil palm could replace every other crop in the municipality.

In the municipality of Carmen, the greatest cover transition took place between 1990 and 2005, when 46 % of pasture cover was transformed into agricultural land. This trend fits the perception that local land owners have about the higher profitability of oil palm cultivation versus range livestock production (Revel-Mouroz, 1980; Tudela, 1989). Although most of the land, from 2005 to 2013, was identified as agricultural land (>70 %), this municipality underwent the highest transformation of natural

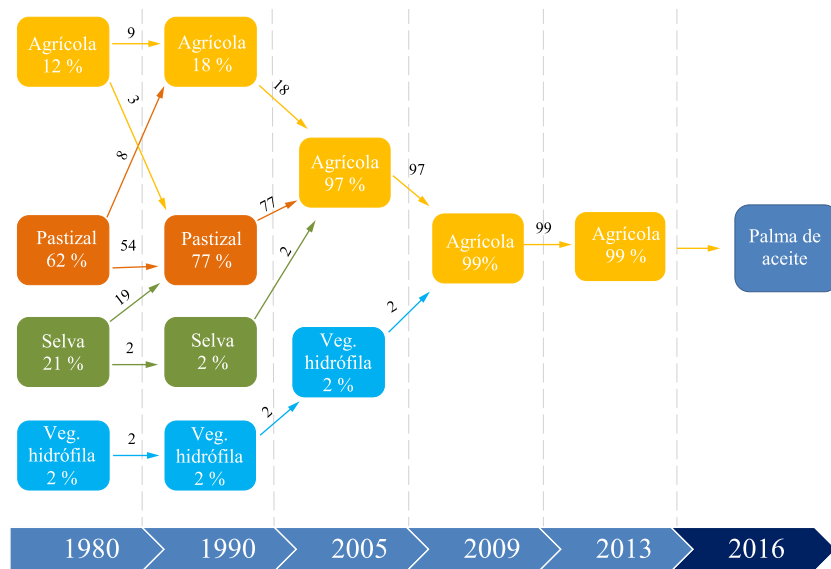


Figura 6. Matriz de transición de coberturas (1980 a 2016) de la superficie ahora ocupada por palma de aceite en el municipio de Acapetahua, Chiapas. Las flechas indican la dirección de cambio de una cobertura a otra y los números negros junto a las flechas el porcentaje de cambio entre una cobertura y otra en el periodo.

Figure 6. Cover transition matrix (1980-2016) of the surface now used for oil palm in the municipality of Acapetahua (Chiapas). Arrows indicate the direction of the cover change and black numbers next to the arrows indicate the percentage of change from one cover to another during that period.

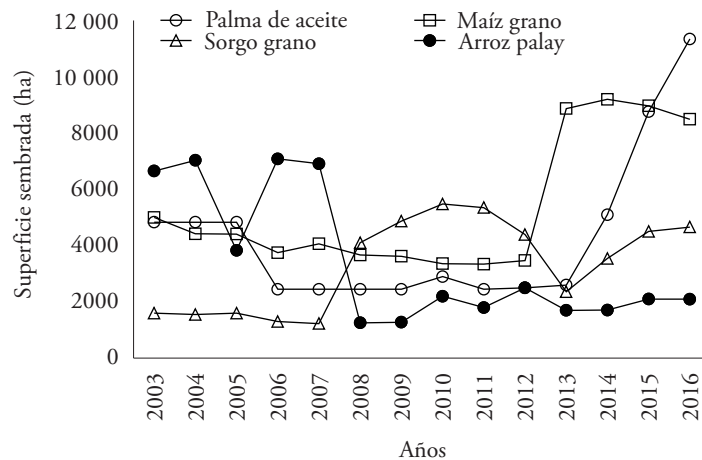


Figura 7. Variación temporal de la superficie sembrada (ha) de los cultivos más importantes en el municipio de Carmen, Campeche (SIAP, 2017).

Figure 7. Temporal variation of the surface (ha) sown with the major crops in the municipality of Carmen, Campeche (SIAP, 2017).

En el municipio de Carmen la transición mayor de cobertura sucedió entre 1990 y 2005, cuando 46 % de la cobertura de pastizal pasó a uso agrícola. Esta tendencia concuerda con la percepción de los propietarios de tierras en este municipio, quienes señalan que el cultivo de palma de aceite es más redituable que la ganadería extensiva (Revel-Mouroz, 1980; Tudela, 1989). Aunque de 2005 a 2013, la mayor parte se identificó como uso agrícola (>70 %), este municipio mostró la mayor transformación de áreas de vegetación natural (24 %; Figura 8). La superficie de selva puede ser menor, ya que la transición de cobertura agrícola a selva que registra INEGI, en un periodo de cuatro años, no concuerda con la tasa de recuperación prevista en las selvas de la región. En este municipio existen desde tiempos prehispánicos sabanas, selvas bajas y medianas manejadas para la extracción de productos maderables y no maderables, como látex, plantas medicinales y fibras, entre otros. Ahora, la ganadería y los cultivos generan paisaje dominado por áreas extensas con gramíneas y pastizal inducido y cultivado (Noriega-Trejo y Arteaga, 2010); sin embargo los remanentes de los ecosistemas originales albergan gran diversidad biológica y proveen importantes servicios ambientales.

vegetation areas (24 %; Figure 8). Forest surface might be smaller, since the transition from agricultural cover to tropical forest recorded by INEGI over a four-year period, does not match the recovery rate foreseen for forests in the region. In this municipality since pre-Hispanic times, timber and non-timber products—such as latex, medicinal plants, and fibers, among others— were extracted from savanna forests, as well as from low- and middle-altitude tropical forests. Livestock production and crops currently generate a landscape dominated by extensive areas featuring pulses and cultivated and pasture lands (Noriega-Trejo and Arteaga, 2010); however, the remaining original ecosystems house a great biological diversity and provide major environmental services.

In 2016, the municipality of Balancán ranked seventh and first in the surface sown with palm in the country and the state, respectively, with a 12.61 t ha⁻¹ output (SAGARPA, 2017). Corn crops dominate agriculture in this municipality, followed by sorghum. Since 2012, palm cultivation has increased and has almost matched sorghum (Figure 9). In Tabasco, as well as in Chiapas, the surface where staple crops are sown has undergone a significant reduction (Fletes *et al.*, 2013). In this municipality, 96 064 ha (27 % of

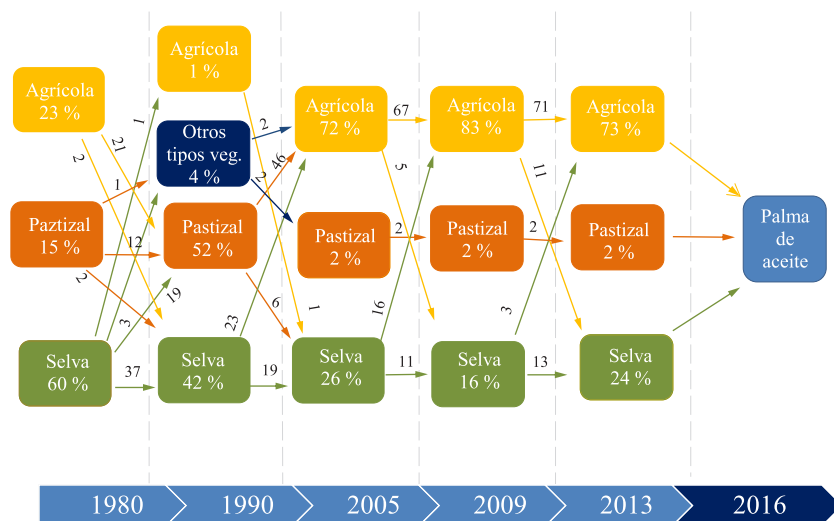


Figura 8. Matriz de transición de coberturas (1980 a 2016) de la superficie ahora ocupada por palma de aceite en el municipio de Carmen, Campeche. Las flechas indican la dirección de cambio de una cobertura hacia otra y los números negros junto a las flechas el porcentaje de cambio entre una cobertura y otra en el periodo.

Figure 8. Cover transition matrix (1980-2016) of the surface now used for oil palm in the municipality of Carmen, Campeche. Arrows indicate the direction of the cover change and black numbers next to the arrows indicate the percentage of change from one cover to another during that period.

El municipio de Balancán en 2016 fue el séptimo nacional con mayor extensión sembrada con la palma y el primero estatal, con 12.61 rendimiento de $t\ ha^{-1}$ (SAGARPA, 2017). En este municipio, el cultivo de maíz es dominante y le sigue el sorgo. Desde el 2012 el cultivo de palma ha aumentado y casi iguala al de sorgo (Figura 9). En Tabasco, como en Chiapas, la superficie sembrada con cultivos de alimentos básicos, ha disminuido significativamente (Fletes *et al.*, 2013). En este municipio 96 064 ha (27 % de la superficie del municipio) muestran potencial para establecer la palma de aceite (SAGARPA, 2017).

A partir del 2005 sólo las coberturas agrícola (>90 %) y selva (10 %) ocupaban el área actual con plantaciones de palma. Esto indica que el establecimiento de las plantaciones generó deforestación en el municipio (Figura 10).

En el municipio de Mecayapan, Veracruz, el cultivo de maíz ocupa la superficie mayor desde hace más de una década (Figura 11). El cultivo de palma de aceite se ha mantenido en segundo lugar y entre 2003 y 2004 aumentó más de 50 %. Este es el municipio con la menor superficie sembrada con la palma. Debido al rendimiento bajo de fruta en el estado (9 %; INIFAP, 1999), comparado con el de Chiapas (18 %; Mata, 2014) y a los subsidios y créditos otorgados por el gobierno estatal, los agricultores continúan incrementando el cultivo de la palma.

Similar a Balancán, desde el 2005 sólo las coberturas agrícola (>90 %) y selva (2 %), ocupaban el

its surface) could potentially be used to establish oil palms (SAGARPA, 2017).

Since 2005, only agricultural (>90 %) and rainforest (10 %) covers existed in the area currently occupied by palm plantations. Therefore, the establishment of plantations caused deforestation in the municipality (Figure 10).

In the municipality of Mecayapan, Veracruz, corn crops occupy the largest surface since more than a decade ago (Figure 11). Oil palm crops have held on to the second place, with a 50 % increase from 2003 to 2004. This is the municipality where palm is sown in a smaller area. As a consequence of the low output of fruit in the state (9 %; INIFAP, 1999) —whereas Chiapas reached 18 % (Mata, 2014)— and the aid and credits granted by the state government, farmers keep expanding the palm crop.

As Balancán, since 2005 only agricultural (>90 %) and rainforest (2 %) covers were found in the area where palm plantations are currently established (Figure 12).

The polygons identified for this study make up a significant sample of oil palm cultivation in Mexico and the first effort to determine the configuration, location, and size of their plantations in the Mexican tropics. The results —complemented with the SIAP's statistics— show the trends in land use change undergone in the regions where oil palm is grown. A subsequent step would be to specify the spatial scale of the study and include polygons with young palms,

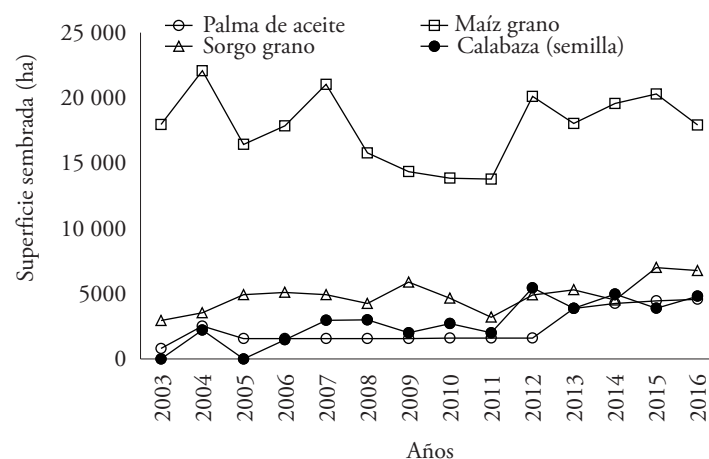


Figura 9. Variación temporal de la superficie sembrada (ha) de los cultivos más importantes en el municipio de Balancán, Tabasco (SIAP, 2017).

Figure 9. Temporal variation of the surface (ha) sown with the major crops in the municipality of Balancán, Tabasco (SIAP, 2017).

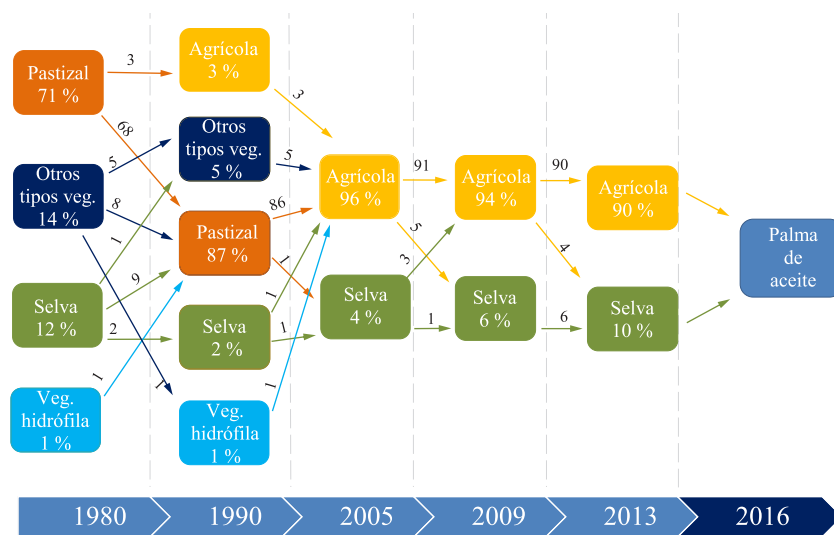


Figura 10. Matriz de transición de coberturas (1980 a 2016) de la superficie ahora ocupada por palma de aceite en el municipio de Balancán, Tabasco. Las flechas indican la dirección de cambio de una cobertura hacia otra y los números negros junto a las flechas el porcentaje de cambio entre una cobertura y otra en el periodo. Solo se muestran las principales clases de cobertura, por lo que la suma del porcentaje total en cada período no siempre suma 100%.

Figure 10. Cover transition matrix (1980-2016) of the surface now used for oil palm in the municipality of Balancán, Tabasco. Arrows indicate the direction of the cover change and black numbers next to the arrows indicate the percentage of change from one cover to another during that period. Only major cover classes are shown; therefore, the total percentage sum for each period does not always reach 100 %.

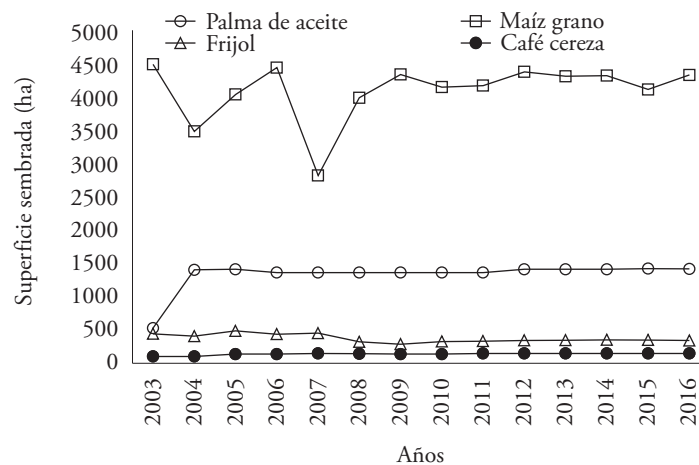


Figura 11. Variación temporal de la superficie sembrada (ha) de los cultivos más importantes en el municipio de Mecayapan, Veracruz (SIAP, 2017).

Figure 11. Temporal variation of the surface (ha) sown with the major crops in the municipality of Mecayapan, Veracruz (SIAP, 2017).

área donde hoy se establecen plantaciones de palma (Figura 12).

Los polígonos identificados para este estudio son una muestra significativa del cultivo de palma de aceite en México y el primer esfuerzo para conocer la configuración, ubicación y tamaños de sus plantaciones en el trópico mexicano. Los resultados complementados con los datos estadísticos del SIAP muestran las tendencias de cambio de uso del suelo experimentado en las regiones donde se cultiva la palma de aceite. Un siguiente avance será precisar la escala espacial de estudio e incluir polígonos con palmas jóvenes para evaluar su impacto en el país. Esto podría obtenerse con imágenes de alta resolución, que permitan generar mapas de uso de suelo con áreas mínimas cartografiables comparables y cuyas clases de coberturas sean representativas de cada región. La automatización en la detección de las áreas del cultivo ayudaría a mantener actualizada la información sobre el incremento nacional.

El aumento mayor en el área de plantaciones de la palma en escala regional no ha llevado a cambios en la vegetación nativa. Esto concuerda con algunas

in order to evaluate their impact in the country. This could be obtained from high-resolution images that enable the development of land use maps with minimum comparable mapping areas and cover classes representing each region. The automatization in the detection of palm crop areas would help to keep the information on the national increment up to date.

The greatest increase in the surface of palm plantations at regional scale has not led to changes of native vegetation. This is similar to trends described for Malaysia (Lam *et al.*, 2009), Colombia (Pardo *et al.*, 2015), and other Latin American regions (Furumo and Aide, 2017). However, in some municipalities, plantations were established in areas where forest was found. These patterns agree with warnings that oil palm plantations indeed cause deforestation (Feintrenie *et al.*, 2010; Corley, 2009) and loss of biodiversity (Koh and Wilcove, 2008; Tan *et al.*, 2009).

The replacement of staple crops by oil palm at the local level is a sign of the struggle between staple and industrial crops for land use, and shows the potential problems for local food security (Carrere, 2006). There

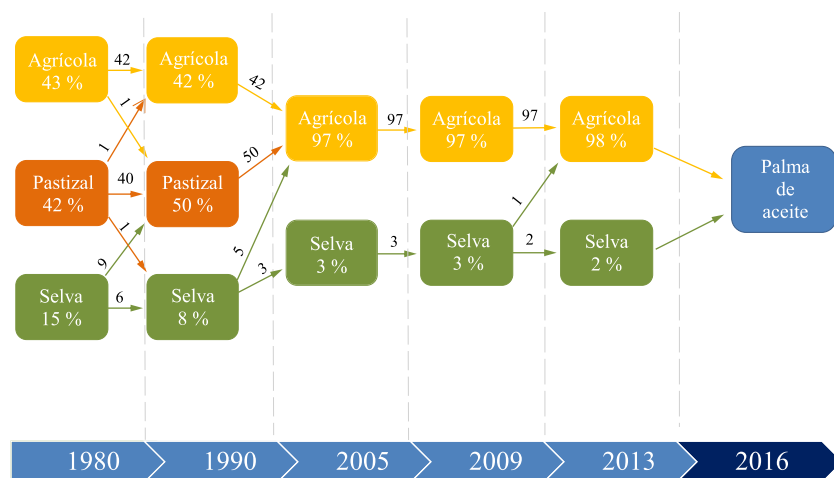


Figura 12. Matriz de transición de coberturas (1980-2016) de la superficie ahora ocupada por palma de aceite en el municipio de Mecayapan, Veracruz. Las flechas indican la dirección de cambio de una cobertura hacia otra y los números negros junto a las flechas el porcentaje de cambio entre una cobertura y otra en el periodo. Solo se muestran las principales clases de cobertura, por lo que la suma del porcentaje total en cada período no siempre suma 100 %.

Figure 12. Cover transition matrix (1980-2016) of the surface now used for oil palm in the municipality of Mecayapan, Veracruz. Arrows indicate the direction of the cover change and black numbers next to the arrows indicate the percentage of change from one cover to another during that period. Only major cover classes are shown; therefore, the total percentage sum for each period does not always reach 100 %.

tendencias descritas para Malasia (Lam *et al.*, 2009), Colombia (Pardo *et al.*, 2015), u otras regiones en América Latina (Furumo y Aide, 2017). Sin embargo, en algunos municipios las plantaciones se establecieron en áreas ocupadas por selva. Estos patrones coinciden con los señalamientos de que las plantaciones de palma de aceite sí impulsan la deforestación (Feintrenie *et al.*, 2010; Corley, 2009) y pérdida de biodiversidad (Koh y Wilcove, 2008; Tan *et al.*, 2009).

El remplazo de cultivos para consumo local por los de palma de aceite muestra la competencia por el uso del suelo, de cultivos básicos e industriales, y los problemas locales potenciales de seguridad alimentaria (Carrere, 2006). La información sobre el efecto de la palma de aceite en la seguridad alimentaria es escasa: en un municipio de Colombia se estimó que las plantaciones de la palma desplazaron cerca de 5000 ha de cultivos agroalimentarios (Herrera y Cumplido, 2015). Brasil, Colombia y México son ejemplos de que el modelo de monocultivos para biocombustibles, como la palma de aceite, representan retos para la seguridad alimentaria y las estrategias de vida local (Selfa *et al.*, 2015).

Los ingresos económicos que la palma de aceite genera son el gran atractivo para que las tendencias de expansión de este cultivo se mantengan (Feintrenie *et al.*, 2010), incluso en México, para pequeños productores. Por ejemplo, en Chiapas los pequeños productores rurales de los sectores pobres, clase media y ricos reportan que este cultivo es su fuente principal de ingreso (Castellanos-Navarrete y Jansen, 2016). Los esquemas de producción del gobierno, incentivan la producción de la planta, su siembra y el acceso a créditos para agroquímicos e infraestructura. Así, las políticas actuales de desarrollo en México conducen a consolidar estrategias para incrementar la siembra de la palma, maximizar su producción, expandir las plantaciones en los estados donde ya existe e introducir el cultivo en Oaxaca, Puebla, Quintana Roo y Yucatán (SAGARPA, 2017). Además, se plantea maximizar la comercialización nacional e internacional, lo que irá acompañado de un incremento en agroquímicos, herbicidas y fertilizantes.

Dada la importancia global y el crecimiento exponencial de este cultivo, es necesario elaborar planes integrales de manejo y procesos de certificación de plantaciones sustentables de palma (Ivancic *et al.*, 2016), que ayuden a minimizar sus impactos en los ecosistemas y a maximizar sus beneficios en

is scarce information about the effect of oil palm in food security: in one Colombian municipality, it was estimated that palm plantations took the place of almost 5000 ha of agri-food crops (Herrera and Cumplido, 2015). Brazil, Colombia, and Mexico are examples that the biofuel monocrops (including oil palm) pose challenges to food security and local life strategies (Selfa *et al.*, 2015).

The economic income generated by the oil palm industry is the main reason that its expansive trends remain strong (Feintrenie *et al.*, 2010), even for Mexican small farmers. For example, small rural producers from Chiapas—whether they have low, middle, or high incomes—report this crop as their main source of income (Castellanos-Navarrete and Jansen, 2016). Governmental programs encourage the production and sowing of these crops; besides, they provide access to agrochemicals and infrastructure credits. Therefore, current Mexican development policies lead to the consolidation of strategies that increase palm cultivation, maximize its production, expand its plantations in states where they already exist, and introduce them in Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, and Yucatán (SAGARPA, 2017). Additionally, there are plans to maximize domestic and international commercialization, which will be accompanied by more agrochemicals, herbicides, and fertilizers.

Given the worldwide significance and the exponential growth of this crop, comprehensive management plans and certification processes for sustainable palm plantations must be developed (Ivancic *et al.*, 2016). This would minimize its impact on ecosystems and maximize its benefits for local population. However, despite their importance, current global initiatives aimed at certifying sustainable oil palm plantations (Roundtable on Sustainable Palm Oil) are insufficient and not very effective (Laurance *et al.*, 2010; Cattau *et al.*, 2016; Azhar *et al.*, 2017). The problem can be partially explained because these programs are only accessible to production companies with large-scale monocrop plantations which provide very few benefits for the local communities. Therefore, developing alternative certification programs for small producers with diversified smallholdings would be more sustainable—both in environmental and social terms (Azhar *et al.*, 2017). In the case of Mexico, SAGARPA suggests that producers and cooperatives consider participating

la población. Sin embargo, aunque importantes, las actuales iniciativas globales de certificación de plantaciones sustentables de palma de aceite (Roundtable on Sustainable Palm Oil), son insuficientes y poco efectivas (Laurance *et al.*, 2010; Cattau *et al.*, 2016; Azhar *et al.*, 2017). Parte del problema es que estos programas son solo accesibles para las grandes compañías productoras, cuyas plantaciones son monocultivos de gran escala que brindan pocos beneficios locales; por lo tanto, sería más sostenible, ambiental y socialmente, desarrollar esquemas de certificación alternativos para los pequeños productores con parcelas diversificadas (Azhar *et al.*, 2017). En el país, la SAGARPA sugiere que los productores y cooperativas incursionen en esquemas de certificación de sustentabilidad que dan un valor agregado al producto y certeza a los consumidores. Esta certificación incluye una cláusula que determina que las nuevas plantaciones no pueden establecerse en áreas naturales, lo cual representa un primer avance (SAGARPA, 2017). La viabilidad de estas estrategias se debe analizar a la luz de la realidad nacional y además desarrollar estudios detallados sobre dos aspectos fundamentales para mantener la integridad ecológica y los medios de vida en los paisajes tropicales: 1) la regulación sobre el establecimiento de la palma sin aumentar la frontera agrícola, ni sustituir la vegetación nativa aun fuera las áreas naturales protegidas; y 2) el mantenimiento e incremento de la seguridad alimentaria local y regional. Este diagnóstico preliminar puede dar la pauta para estos estudios.

CONCLUSIONES

En México, las plantaciones de palma de aceite se establecieron en estados del sureste y, según los planes de desarrollo agrícola nacional, se prevé que esta tendencia continúe. La superficie mayor usada para establecer esas plantaciones es de remplazo de otros sistemas agropecuarios, principalmente los destinados para alimentos básicos. Parte de la superficie actual del cultivo palma de aceite proviene en menos proporción de la transformación de vegetación primaria, y en algunos municipios el impacto en la biodiversidad puede ser significativo dada la distribución restringida de estos ecosistemas.

El crecimiento de las plantaciones de palma de aceite en México lo impulsan los apoyos económicos, y no se acompaña por evaluaciones de impacto ambiental

in sustainability certification programs that provide an added value to the product and certainty for the consumers. This certification includes a clause that determines that new plantations cannot be established in natural areas, which represents a first step towards an improvement (SAGARPA, 2017). The feasibility of these strategies must be analyzed in the light of national reality. Two fundamental aspects regarding the preservation of the environmental integrity and local livelihoods in tropical landscapes should be subjected to detailed studies: 1) regulating the establishment of oil palms without increasing the agricultural border or substituting native vegetation, not even outside protected natural areas; and 2) maintaining and increasing local and regional food security. This preliminary diagnosis can act as a model for these studies.

CONCLUSIONS

Oil palm plantations were established in southeastern Mexican states and based on national agricultural development programs, this trend is expected to continue. Most of the surface where these plantations were established, comes at the expense of other agricultural systems, mainly those dedicated to staple crops. A smaller ratio of the surface currently used to grow oil palm comes from the transformation of primary vegetation, which suggest that for some municipalities it can have a significative impact on biodiversity, as some of these ecosystems have restricted distributions.

Financial support drives the growth of oil palm plantations in Mexico, but it is not complemented by environmental or socio-economical impact assessments. Management plans and certification programs for sustainable production which maximize environmental integrity and local livelihoods, can be implemented.

—End of the English version—



o socioeconómico. Planes de manejo y esquemas de certificación de producción sustentable, que logren maximizar la integridad ecológica y los medios de vida a nivel local, pueden implementarse.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Ana Isabel Suárez Guerrero, al M. en C. Yadeneiro de la Cruz, Dr. José Antonio García Pérez y el M.DA José A. Montero Solano por sus aportes a versiones preliminares de este manuscrito. A la Fis. Rosario Landgrave y a la M. en C. Swany Morteo por la asesoría en los análisis de sistemas de información geográfica. También agradecemos los comentarios de tres revisores anónimos que brindaron importantes comentarios para mejorar el documento.

LITERATURA CITADA

- ANIAME (Asociación Nacional de Industrias de Aceites y Mantecas Comestibles A. C.). 2006. Palma de aceite en el sureste mexicano: métodos globales, respuestas locales. Reportaje. 10 p.
- Azhar B., Saadun N., Prideaux M., and D. B. Lindenmayer. 2017. The global palm oil sector must change to save biodiversity and improve food security in the tropics. *J. Environ. Manage.* 203: 457-466.
- Carrere, R. 2006. Palma aceitera de la cosmética al biodiesel, la colonización continúa. Hersilia Foseca. Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. 126 p.
- Castellanos-Navarrete A., and K. Jansen. 2016. Is oil palm expansion a challenge to agroecology? smallholders practicing industrial farming in Mexico. *J. Agr. Change* doi: 10.1111/joac.12195.
- Castellanos-Navarrete A., and K. Jansen. 2017. Why do smallholders plant biofuel crops? The 'politics of consent' in Mexico. *Geoforum* 87: 15-27.
- Cattau M. E., M. E. Marlier, and R. DeFries. 2016. Effectiveness of Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) for reducing fires on oil palm concessions in Indonesia from 2012 to 2015. *Environ. Res. Lett.* 11: 1-11.
- Corley, R. H. V. 2009. How much palm oil do we need? *Environ. Sci. Policy* 12: 134-139.
- Corley, R. H. V., and P. B. Tinker. 2003. The Oil Palm: fourth edition. Blackwell Sciences. Ed. 1967. USA. 541 p.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. 2005. Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis. World Resources Institute. Washington, DC. 68 p.
- Feintrenie, L., W. K. Chong, and P. Levang. 2010. Why do farmers prefer oil palm? Lessons learnt from Bungo District, Indonesia. *Small-scale For.* 9: 379-396.
- Fitzherbert, B. E., M. J. Struebig, A. Morel, F. Danielsen, C. A. Brühl, P. F. Donald, and B. Phalan. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity?. *Trends Ecol. Evol.* 23: 538-545.
- Fletes, H., F. Rangel, A. Oliva and G. Ocampo. 2013. Pequeños productores, reestructuración y expansión de la palma africana en Chiapas. *Reg. Soc.* 57: 203-239.
- Foley, J. A., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. Colin P., N. Ramankutty, and P. K. Snyder. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309: 570-574.
- Foster, W. A., J. L. Snaddon, E. C. Turner, T. M. Fayle, T. D. Cockerill, M. D. Farnon E., G. R. Broad, A. Y. C. Chung, P. Eggleton, C. Vun K., and K. M. Yusah. 2011. Establishing the evidence base for maintaining biodiversity and ecosystem function in the oil palm landscapes of South East Asia. *Philos. Trans. R. Soc. B* 366: 3277-3291.
- Furumo, P. R., and T. M. Aide. 2017. Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade. *Environ. Res. Lett.* 12: 1-12.
- Geist, H. J., and E. F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52: 143-150.
- Gibbs, H. K., A. S. Ruesch, F. Achard, M. K. Clayton, P. Holmgren, N. Ramankutty, and J. A. Foley. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *PNAS* 107: 16732-16737.
- Google Earth. 2016. <https://www.google.com/intl/es/earth/> (Consulta: diciembre, 2016).
- Green, R. E., S. J. Cornell, J. P. W. Scharlemann, and A. Balmford. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science* 307: 550-555.
- Guerrero-Peña, A., F. Anguebes-Franceschi, M. Castellán-Estrada, V. Morales-Ramos, A. V. Córdova-Quiroz, J. C. Zavala-Loría, y E. Bolaños-Reinoso. 2013. Optimización de la síntesis de biodiésel a partir de aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq). *Agrociencia* 47: 649-659.
- Gutiérrez-Vélez, V. H., y R. DeFries. 2013. Annual multi-resolution detection of land cover conversión to oil palm in the Peruvian Amazon. *Remote Sens. Environ.* 129: 154-167.
- Henderson, J., and D. Osborne. 2000. The oil palm in all our lives: how this came about. *Endeavour* 24: 63-68.
- Herrera S., G. A., y V. R. Cumplido H. 2015. Implicaciones de la palma de aceite en la estructura productiva agrícola y la seguridad alimentaria del municipio de María La Baja-Bolívar. Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Economía y Negocios. Maestría de Desarrollo y Ambiente. Cartagena de Indias, D. T. y C. 132 p.
- INEGI. 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/> (Consulta: diciembre de 2016).
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 1999. Tecnología para la producción de Palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq, en México. SAGAR. 150 p.
- Ivancic, H., L. P. Koh, and S. Wich. 2016. Evolution of sustainable palm oil policy in Southeast Asia. *Cogent Environ. Sci.* 2: 1-10.
- Koh, L. P., and J. Ghazoul. 2008. Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities. *Biol. Conserv.* 141: 2450-2460.
- Koh, L. P., and D. S. Wilcove. 2008. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conserv. Lett.* 1: 60-64.
- Lam, M. K., K. T. Tan, and K. T. Lee. 2009. Malaysian palm oil: surviving the food versus fuel dispute for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Rev.* 13: 1456-1464.
- Landgrave, R., y P. Moreno-Casasola. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental* 4: 19-35.
- Laurance, W. F., L. P. Koh, R. Butler, N. S. Sodhi, C. J. A. Bradshaw, J. D. Neidel, H. Consunji, and J. M. Vega. 2010. Improving the performance of the roundtable on sustainable palm oil for nature conservation. *Conserv. Biol.* 24: 377-381.

- Lees, A.C., N.G. Moura, A.S. de Almeida, and I.C.G. Vieira. 2015. Poor prospects for avian biodiversity in Amazonian oil palm. *PLoS ONE* 10: 1-17.
- Mandal, J., and T. R. Shankar R. 2016. Shifting agriculture supports more tropical forest birds than oil palm or teak plantations in Mizoram, northeast India. *Condor* 118: 345-359.
- Mata G., B. 2014. Palma de Aceite en México: Política Gubernamental e Innovación Tecnológica. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. 109 p.
- Mazariegos S., A., J. M. Águila G., J. Martínez C., y O. Arévalo L. 2014. La industria de la palma de aceite en Acapetahua, Chiapas: el caso de PROPALMA. *Rev. Mex. Agroneg.* 18: 1052-1064.
- Mitsch, W. J., and J. G. Gosselink. 2015. *Wetlands: fifth edition.* John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 736 p.
- Noriega-Trejo, R., y M. A. Arteaga A. 2010. Síntesis de los tipos de vegetación terrestre. *In:* Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza V (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.
- Pardo L. E., W. F. Laurance, G. P. Clements, and W. Edwards. 2015. The impacts of oil palm agriculture on Colombia's biodiversity: what we know and still need to know. *Trop. Conserv. Sci.* 8: 828-845.
- Pirker J., A. Mosnier, F. Kraxner, P. Havlík, and M. Obersteiner. 2016. What are the limits to oil palm expansion? *Global Environ. Change.* 40: 73-81.
- Revel-Mouroz, J. 1980. Aprovechamiento y Colonización del Trópico Húmedo Mexicano. Fondo de Cultura Económica. 391 p.
- Sánchez R., V. 2003. La Producción de Aceite de Palma en México: Caso Estado de Campeche. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 71 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Fomento Económico de Chiapas A. C. 2004a. Plan Rector del Sistema Producto Palma de Aceite de Chiapas 2004-2014. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas México. SAGARPA. 49 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Fomento Económico de Chiapas A. C. 2004b. Plan Rector del Sistema Producto Palma de Aceite de Tabasco 2004-2014. Tabasco, México. SAGARPA. 66 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Fomento Económico de Chiapas A. C. 2004c. Plan Rector del Sistema Producto Palma de Aceite de Veracruz 2004-2014. Veracruz, México. SAGARPA. 81 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Palma de aceite mexicana. México D.F. SAGARPA. 16 p.
- Savilaakso, S., C. Garcia, J. Garcia-Ulloa, J. Ghazoul, M. Groom, M.R. Guariguata, Y. Laumonier, R. Nasi, G. Petrokofsky, J. Snaddon, and M. Zrust. 2014. Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production. *Environ. Evidence* 3: 4.
- Selfa, T., C. Bain, R. Moreno, A. Eastmond, S. Sweitz, C. Bailey, G. Simas P., T. Souza, and R. Medeiros. 2015. Interrogating social sustainability in the biofuels sector in Latin America: tensions between global standards and local experiences in Mexico, Brazil and Colombia. *Environ. Manag.* 56: 1315-1329.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: www.siap.gob.mx (Consulta: octubre de 2017).
- Tan, K. T., K. T. Lee, A. R. Mohamed, and S. Bhatia. 2009. Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 13: 420-427.
- Tilman, D., J. Fargione, B. Wolff, C. D'Antonio, A. Dobson, R. Howarth, D. Schindler, W. H. Schlesinger, D. Simberloff, and D. Swackhamer. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.
- Tudela, F. 1989. La modernización forzada del Trópico: el caso de Tabasco. El Colegio de México. CINVESTAV. 475 p.
- Unidad de Comunicación Social. 2014. Campeche: <http://www.campeche.gob.mx/index.php/funciones-cjuridica/8-noticias/808-gira-con-director-sagarpa> (Consulta: marzo de 2017).
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz G., R. Mayorga S., P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra, y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecol.* 1: 21-37.
- Vijay, V., S. L. Pimm, C. N. Jenkins, and S. J. Smith. 2016. The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss. *Plos One* 11: 1-19.