

EN

Agro-ecological zoning for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Soconusco, Chiapas, Mexico

ES

Zonificación agroecológica para palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en el Soconusco, Chiapas, México

Victorino Gómez Valenzuela[†]; Teodoro Pérez Castillo[†]; Rigoberto Jiménez Ramírez; Deysi Yadira Marcial Bautista; Francisco Javier Méndez Álvarez; Darwin Josman Méndez Cifuentes; Jorge Alberto Pérez Blas; Cesar Reymundo Santiz López; José Germán Tzopitl Cuicahua; Amilenne Zavaleta Grijalva

[†]Unidad Regional Universitaria SurSureste, Universidad Autónoma Chapingo. Teapa, Tabasco, México.

*Corresponding author:
vgomez62@hotmail.com

Received: September 16, 2021 /
Accepted: February 14, 2022

DOI:
10.5154/r.rchsat.2022.03.02

Abstract

The Soconusco region, located in the state of Chiapas, is important because it is the most productive agricultural zone in the state, more than twenty plant species are grown there, including some short-cycle and other perennial species. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) has been introduced recently and its potential distribution is unknown, regarding the natural characteristics of the area. Therefore, it was proposed to study and analyze this region from a soil-climate perspective, using existing information and the agroecological zoning tool proposed by FAO, adapted for Mexico and implemented in the region to determine the predominant environmental attributes in the area. As a result, it was found that there are 38 000 hectares without any restriction for cultivation and 115 500 hectares with some level of restriction. This latter portion of land could be used to produce a greater amount and quality of fruit, concluding that the area cultivated with this palm could still be expanded.

Key words: Agroecological zoning, oil palm, productive optimization, Soconusco, Chiapas.

Resumen

La región del Soconusco ubicada en el estado de Chiapas es de gran importancia por ser la zona agrícola más productiva de ese estado, allí se cultivan más de veinte especies vegetales entre las que se encuentran algunas de ciclo corto y otras perennes. La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se ha introducido recientemente y se desconoce su distribución potencial, considerando las características naturales que hay en la zona. Por ello, se planteó estudiarla y analizarla desde la perspectiva edafo-climática, haciendo uso de la información existente y la herramienta de zonificación agroecológica propuesta por la FAO adaptada para México e implementada en la región, para conocer los atributos ambientales predominantes en la zona. Como resultado se encontró que existen 38 000 hectáreas sin restricción alguna para el cultivo y 115 500 hectáreas en donde se tiene cierto nivel de restricción. Esta última porción de territorio podría ser atendida



Please cite this article as follows (APA 6): Gómez Valenzuela, V., Pérez Castillo, T., Jiménez Ramírez, R., Marcial Bautista, D. Y., Méndez Álvarez, F. J., Méndez Cifuentes, D. J., Pérez Blas, J. A., Santiz López, C. R., Tzopitl Cuicahua, J. G. & Zavaleta Grijalva, A. (2022). Agro-ecological zoning for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Soconusco, Chiapas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 2(1), 17-32. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsat.2022.03.02>

para producir mayor cantidad y calidad de fruta, llegando a la conclusión de que aún puede ampliarse la superficie cultivada con esta palma en la zona.

Palabras clave: Zonificación agroecológica, palma de aceite, optimización productiva, Soconusco, Chiapas.

Introduction

The Soconusco region in Chiapas has great agricultural importance, because it has been known for its high diversity of crops including red sapote, mango, cacao, rambutan and oil palm (Del Carpio, 2017), becoming the most important development pole in the state (Sandoval, 2011). Of the several crops grown in the area, oil palm has had a great boom, due to its constant technological innovation in production (Ordaz, 2013), processing and market development (Castellanos, 2018). There has also been a significant expansion of the area cultivated with this oilseed, from an area of 9 140 ha cultivated, as reported for 2003, to 12 400 ha in 2012 and currently there are 34 000 ha planted; while productive yields have increased from 8 to 30 t·ha⁻¹ (SAGARPA, 2017). Yield variation depends on several factors, including availability of moisture in areas where the crop is planted, use of new planting materials, as well as improvements in crop management.

The oil palm is native to the Gulf of Guinea in West Africa. Due to the search for new production areas to meet the demand for oil, the crop was introduced to the Americas, and later taken to Asia. It is a late perennial crop with a long productive period, since its lifespan can be more than 50 years (Hernández, et al., 2006; Sandoval, 2011; Aguilar, et al., 2013).

In 1949, the first oil palm plantations were established in Mexico by smallholders on the Chiapas coast. A second stage began in 1982, when the first 287 hectares were formally established with seeds from Costa Rica, Ivory Coast and Indonesia (SAGARPA, 2011); reaching 2 800 cultivated hectares in the early 1990s. A third stage began in 1996, when the Mexican government established the plantation program for the southern and southeastern region of the country, in the states of Chiapas and Campeche, and then in Tabasco and Veracruz, where a total of 36 874 hectares were planted.

The state of Chiapas has 44.2 % of the surface area, followed by Tabasco with 20.2 %, Veracruz with 19.4 % and finally the state of Campeche with 16.2 % (Castro, 2009). The crop is established in the southeast of the country on approximately 82 150.60 hectares under rainfed conditions, producing 666 237.75 tons of fruit

Introducción

La región del Soconusco en Chiapas es de gran importancia agrícola, pues se ha destacado por su alta diversidad de cultivos entre los que se encuentran zapote rojo, mango, cacao, rambután y palma de aceite (Del Carpio, 2017); convirtiéndose en el polo de desarrollo más importante del estado (Sandoval, 2011). De los diversos cultivos que se producen en la zona, la palma de aceite ha tenido un gran auge, por su constante innovación tecnológica en la producción (Ordaz, 2013), transformación y desarrollo de mercados (Castellanos, 2018). También se ha registrado una importante ampliación de la superficie cultivada con esta oleaginosa, pasando de una superficie de 9 140 ha cultivadas, según lo reportado para el año 2003, a 12 400 ha en el año 2012 y en la actualidad se cuenta con 34 000 ha sembradas; mientras que los rendimientos productivos han pasado de 8 a 30 t·ha⁻¹ (SAGARPA, 2017). La variación en el rendimiento se debe a diversos factores entre los que se encuentran la disponibilidad de humedad en las áreas donde se tiene establecido el cultivo, la inclusión de nuevos materiales de plantación, así como mejoras en el manejo del cultivo.

La palma de aceite es originaria del Golfo de Guinea en el África occidental. Debido a la búsqueda de nuevas zonas de producción para satisfacer la demanda de aceite, el cultivo se introdujo a América, y después se llevó a Asia. Se trata de un cultivo perenne tardío con un largo periodo productivo, puesto que su vida útil puede ser de más de 50 años (Hernández, et al., 2006; Sandoval, 2011; Aguilar, et al., 2013).

En 1949 fueron establecidas las primeras plantaciones de palma de aceite en México por pequeños productores en la Costa de Chiapas. Una segunda etapa de impulso al cultivo ocurrió en 1982, cuando se establecieron formalmente las primeras 287 hectáreas con semillas originarias de Costa Rica, Costa de Marfil e Indonesia (SAGARPA, 2011); alcanzando a inicios de los años 90's las 2 800 hectáreas cultivadas. Una tercera etapa se dio a partir de 1996, cuando el gobierno mexicano estableció el programa de plantaciones para la región sur y sureste del país, en los estados de Chiapas y Campeche, y luego en Tabasco y Veracruz, donde se plantaron un total de 36 874 hectáreas.

on average per year, with an annual growth of 9.1 % in the area located in the states of Chiapas, Campeche, Tabasco and Veracruz (SIAP, 2015).

Oil palm cultivation, in many cases, was established without planning studies, as happens with other crops due to political reasons. Producers began to substitute their crops and started to establish oil palm without taking into account the conditions of the space destined for the crop, and eventually the consequences were seen through the poor development and production of the plants (Sandoval, 2011).

Being a tropical plant, the best conditions for oil palm cultivation are found in the intertropical belt, although it also adapts to regions of the sub-humid tropics, as long as irrigation is available. The favorable average monthly temperature is 25 to 28 °C, while yields decrease with values below 15 °C. Oil palm requires a large amount of water to achieve high production; accumulated rainfall values of about 1 800 millimeters during the year are adequate, with at least 150 millimeters each month. As the season of low rainfall is prolonged, production decreases and its monthly distribution becomes irregular. It would be desirable that the months of low rainfall (drought) do not exceed three months (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Soils for oil palm should be flat or slightly undulating; slopes greater than 12 % contribute to erosion and increase production costs by requiring more roads, terraces or contour lines, as well as making it difficult to manage the plantation. The soil should be fertile, with a depth of 80 to 120 centimeters, loamy texture and a non-heavy clay subsoil that retains enough moisture. Soils with these characteristics can supply water and nutrients to the crop, while shallow, slightly deep or poorly drained soils reduce the production capacity of the palm. On the other hand, sandy soils (coarse textures) and extremely clayey soils are not recommended for this crop (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

The state of Chiapas has the highest oil palm production in the Soconusco region, growing approximately 34 000 hectares, with a yield of 20 tons of fruit per hectare. The municipalities with the largest area under oil palm cultivation in Soconusco are Acapetahua with 10 263 and Villa Comaltitlán with 6 668.5 hectares (SAGARPA, 2017).

Given the limited information available on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Mexico and being this a crop that in recent years has had a great development, it is important to study its current situation in

El estado de Chiapas cuenta con el 44.2 % de la superficie, seguido de Tabasco con el 20.2 %, Veracruz con 19.4 % y finalmente el estado de Campeche con el 16.2 % (Castro, 2009). El cultivo se encuentra establecido en el sureste del país en aproximadamente 82 150.60 hectáreas en condiciones de temporal, en las que se producen 666 237.75 toneladas de fruta promedio por año, con un crecimiento anual de 9.1 % en la superficie localizada en los estados de Chiapas, Campeche, Tabasco y Veracruz (SIAP, 2015).

El cultivo de palma de aceite, en muchos casos, se estableció sin estudios de planeación y tal como sucede con otros cultivos fue por cuestiones políticas. Los productores comenzaron a sustituir sus cultivos e iniciaron el establecimiento de la palma sin tomar en cuenta las condiciones del espacio destinado al cultivo, y con el tiempo se vieron las consecuencias a través del deficiente desarrollo y producción de las plantas (Sandoval, 2011).

Al ser la palma de aceite una planta de origen tropical, las mejores condiciones para su cultivo se encuentran en la franja intertropical, aunque también se adapta a regiones del trópico subhúmedo, siempre que se disponga de riego. La temperatura promedio mensual favorable es de 25 a 28 °C; mientras que con valores inferiores a 15 °C disminuye el rendimiento. La palma de aceite requiere una gran cantidad de agua para lograr alta producción; valores acumulados del orden de los 1 800 milímetros de lluvia durante el año son adecuados y con al menos 150 milímetros cada mes. Conforme la temporada de poca precipitación se prolonga, la producción disminuye y su distribución mensual se hace irregular. Es deseable que los meses de escasez de lluvias (sequía) no sean mayores a tres (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Los suelos para el cultivo de la palma de aceite deben ser planos o ligeramente ondulados; las pendientes del terreno mayores al 12 % contribuyen con la erosión y los costos de producción se incrementan al requerirse de más caminos, terrazas o curvas de nivel, además de dificultar el manejo de la plantación. El suelo debe ser fértil, con una profundidad de 80 a 120 centímetros, de textura franca y un subsuelo arcilloso no pesado que retenga suficiente humedad. Los suelos con estas características pueden abastecer de agua y nutrimentos al cultivo; mientras que suelos someros, poco profundos o con drenaje deficiente, reducen la capacidad de producción de la palma. Por otra parte, los suelos arenosos (texturas gruesas) y los extremadamente arcillosos, no son recomendados para este cultivo (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Soconusco, where there are favorable edaphoclimatic conditions for the development of many tropical agricultural species, including oil palm, For this reason, the present study aimed to analyze, discuss and define areas of agricultural aptitude for this crop, in addition to providing practical information for producers, technicians, public and state officials related to this crop, with the help of the Agroecological Zoning Methodology developed by the FAO (1997).

Materials and methods

Study area

The study area is in the southeastern part of the state of Chiapas on the border with the Republic of Guatemala between 14° 32' 9" and 15° 29' 6" North Latitude and 92° 55' 48" and 92° 03' 57" West Longitude, with altitudes ranging from 0 to 4 080 meters above sea level. It consists of 15 municipalities: Acacoyagua, Acapetahua, Cacahoatán, Escuintla, Frontera Hidalgo, Huehuetán, Huixtla, Mazatán, Metapa, Suchiate, Tapachula, Tuxtla Chico, Tuzantán, Unión Juárez and Villa Comaltitlán. It is bordered to the north by regions

Para el estado de Chiapas la zona con mayor producción de palma de aceite se encuentra en el Soconusco, donde se cultivan 34 000 hectáreas aproximadamente, con un rendimiento de 20 toneladas de fruta por hectárea. Los municipios con más superficie cultivada con palma de aceite en el Soconusco son: Acapetahua con 10 263 y Villa Comaltitlán con 6 668.5 hectáreas (SAGARPA, 2017).

Debido a la poca información disponible sobre la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en México y siendo este un cultivo que en los últimos años ha tenido un gran desarrollo, resulta importante estudiar su situación actual en el Soconusco, donde existen condiciones edafoclimáticas propicias para el desarrollo de muchas de las especies agrícolas tropicales y entre ellas la palma de aceite, por lo que en el presente estudio se buscó analizar, discutir y definir áreas de aptitud agrícola para el cultivo, además de aportar información de utilidad práctica para productores, técnicos, funcionarios públicos y estatales relacionados con el cultivo, con ayuda de la Metodología de Zonificación Agroecológica desarrollada por la FAO (1997).

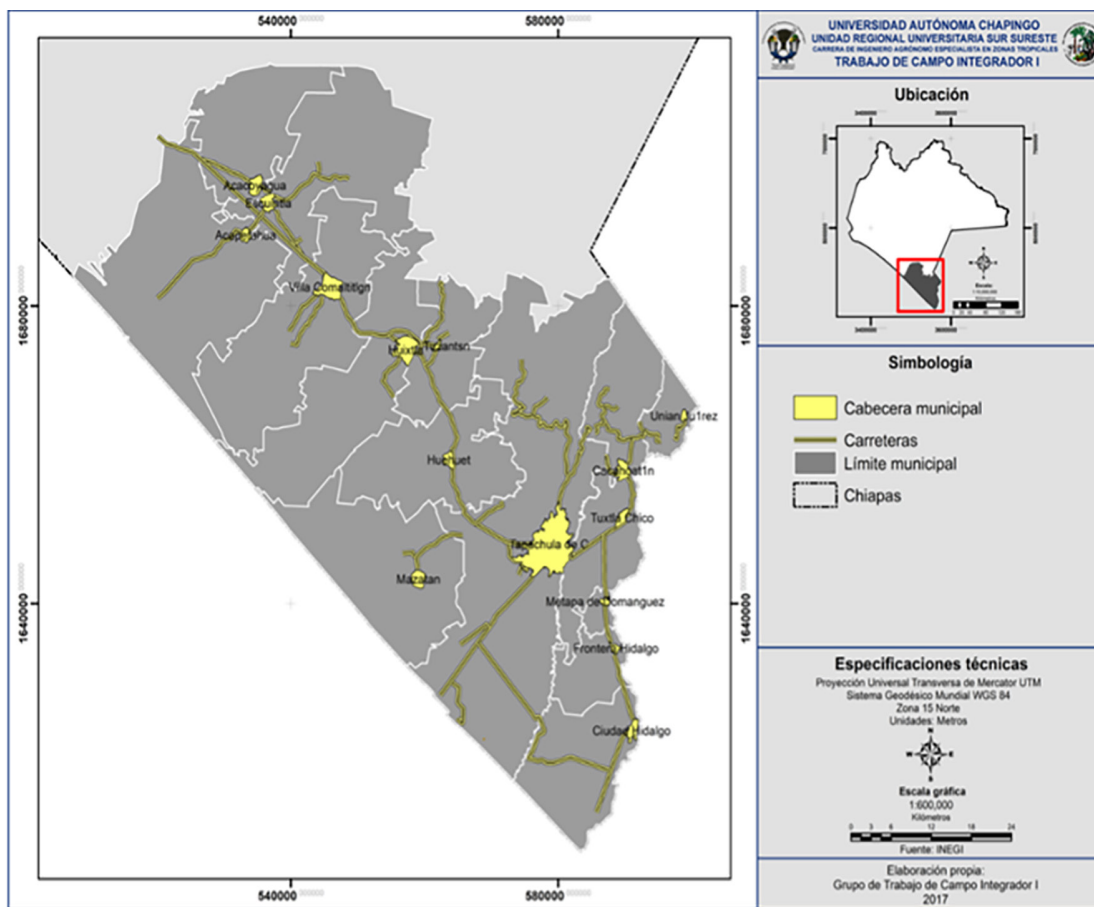


Figure 1. Study area.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.

IX Istmo Costa and Sierra Mariscal, and to the east, south and west by the Pacific Ocean (Figure 1).

A review of statistical information on the crop (SAGARPA, 2011; SAGARPA (DDR TAPACHULA), 2017; SIAP, 2015) was carried out to provide an overview of the productive activity in Soconusco and deduce the influence of environmental conditions on oil palm production and its spatial distribution. With the documentary, statistical and cartographic information gathered and with the support of the Arc Map software, maps and graphs of climate, soils, hydrology, land use and vegetation were prepared to represent the study area. Physiographic reconnaissance was carried out by tracing different routes in the area to identify the magnitude of the palm crop, as well as the relief conditions where it is located.

Soil profiles were prepared along the routes and diversity of crops was observed to find the importance of oil palm among all of them. To locate the areas cultivated with oil palm, the geographic coordinates of the main farms with this crop were identified.

Agroecological zoning

The FAO agroecological zoning methodology (FAO, 1997) was used, adapted to the conditions of the Mexican Republic (Pájaro and Ortiz, 1992) and adapted to the conditions of Soconusco, Chiapas (Figure 2). In the absence of digitalized information on the classification of terrain slope in Mexico, this variable

Materiales y métodos

Ubicación

El área de estudio se localiza en la porción sureste del estado de Chiapas en los límites con la República de Guatemala entre los 14° 32' 9" y 15° 29' 6" Latitud Norte y 92° 55' 48" y 92° 03' 57" Longitud Oeste, con altitudes que van de 0 hasta los 4 080 msnm. Está conformada por 15 municipios: Acacoyagua, Acapetahua, Cacaohatán, Escuintla, Frontera Hidalgo, Huehuetán, Huixtla, Mazatán, Metapa, Suchiate, Tapachula, Tuxtla Chico, Tuzantán, Unión Juárez y Villa Comaltitlán. Colinda al norte con las regiones IX Istmo Costa y Sierra Mariscal, al este, sur y oeste con el Océano Pacífico (Figura 1).

Se realizó una revisión de la información estadística del cultivo (SAGARPA, 2011; SAGARPA (DDR TAPACHULA), 2017; SIAP, 2015), para obtener un panorama general de la actividad productiva en el Soconusco y deducir la influencia de las condiciones del ambiente en la producción de la palma de aceite y su distribución espacial. Con la información obtenida (documental, estadística y cartográfica) y apoyándose del software Arc Map, se procedió a la elaboración de mapas y gráficos de clima, edafología, hidrología, uso de suelo y vegetación, con los cuales se representó la zona de estudio. El reconocimiento fisiográfico se realizó trazando diferentes trayectos en la zona para identificar la magnitud del cultivo de palma, así como las condiciones de relieve sobre las que se encuentra.

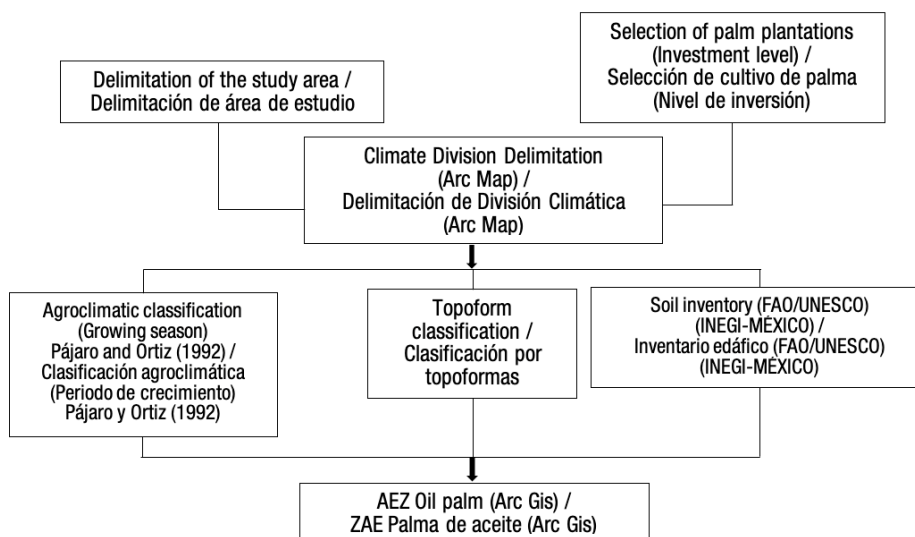


Figure 2. Basic methodology of agroecological zoning (FAO, 1997).

Figura 2. Metodología básica de la zonificación agroecológica (FAO, 1997).

was substituted in the methodology by topoform systems, which include a physiographic classification that allows substituting the values of the variable.

The methodology proposes this category within the soil inventory; however, because it is a determinant aspect for oil palm, it was decided to apply it after the agroclimatic classification, so that areas not suitable for oil palm would be discriminated from the beginning, since the establishment of the crop on slopes greater than 20 % is complicated.

Results and Discussion

The study area is characterized by its flat topography, especially in areas near the coastal border, followed by undulating planes as it moves away from the coastal strip in a south-north direction, towards the Sierra; it covers 4 558 km², which represents 6.2 % of the state's surface, making it the seventh largest region in the state.

The region has a warm climate with a rainy season marked by high summer precipitation. From 2 000 – 3 000 meters above sea level, it has a semi-cold humid climate, with abundant rainfall in summer, covering 2.44 % of the territory. At 1 500 meters above sea level, the climate becomes humid temperate with abundant rainfall in summer, covering 10.44 % of the territory. Going down from the highlands, there is a warm humid climate with abundant rainfall in summer, covering 33.6 %, and in the flat part of the territory with a coverage of 53.5 %, the sub-humid subtypes. The coastal plain is dominated by the warm sub-humid climatic subtypes with summer rains, average annual temperature higher than 22 °C and the coldest month higher than 18 °C. In the lower part of the plains there is a semi-warm humid climate with abundant rainfall in summer (Table 1).

Soconusco has three topoform systems that represent almost 99 % of the region (Llanura Costera de Chiapas and Guatemala, Sierra Sur de Chiapas and Volcanoes of Central America); the Coastal Plain occupies more than 50 %, which is why more attention was paid to it, because it is home to the greatest diversity of crops, including oil palm. This coastal plain has relatively young and deep soils of alluvial origin with high organic matter content; high rainfall causes soils from the mountains and volcanoes to be carried and accumulated in the lower part. In the flooded and lacustrine part of the coastal plain, soils are saline with a high accumulation of soluble calcium, sodium, magnesium and potassium salts (Solonchak), which makes them of little use for agricultural activities. The most predominant units are Acrisol, Cambisol and Feozem (INEGI, 2017).

A través de los trayectos se realizaron perfiles de suelo y se observó la diversidad de cultivos tratando de encontrar la importancia de la palma de aceite entre todos ellos. Para localizar posteriormente las áreas cultivadas con palma se obtuvieron las coordenadas geográficas de los principales predios con el cultivo.

Zonificación agroecológica

Para el desarrollo del trabajo se utilizó la metodología de la zonificación agroecológica de la FAO (FAO, 1997) adaptada a las condiciones de la República mexicana (Pájaro y Ortiz, 1992) y adecuada a las condiciones del Soconusco, Chiapas (Figura 2). Al no contar con información digitalizada sobre la clasificación de la pendiente del terreno en México, se sustituyó en la metodología esta variable por los sistemas de topoformas, en la cual se encuentra inmersa una clasificación fisiográfica que permite sustituir los valores de la variable.

La metodología plantea esta categoría dentro del inventario edáfico, sin embargo, por ser un aspecto determinante en el caso del cultivo de palma de aceite se decidió aplicarlo después de la clasificación agroclimática, para que desde el principio se discriminaran áreas no aptas para la palma de aceite, ya que se complica el establecimiento del cultivo en pendientes mayores al 20 %.

Resultados y discusión

El área de estudio se caracteriza por tener topografía plana en su mayor extensión, sobre todo, en zonas aledañas al bordo costero; seguida de planos ondulados conforme se aleja de la franja costera en dirección sur norte, hacia la Sierra; comprende 4 558 km², lo que representa 6.2 % de la superficie estatal, siendo la séptima región de mayor extensión territorial en el estado.

La región tiene clima cálido con un régimen de lluvias marcado por alta precipitación en verano. A partir de los 2 000 – 3 000 msnm presenta un clima semifrío húmedo, con lluvias abundantes en verano cubriendo el 2.44 % del territorio. A los 1 500 msnm, el clima se vuelve templado húmedo con lluvias abundantes en verano, y cubre el 10.44 %. Descendiendo de la sierra, se encuentra un clima cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, cubriendo el 33.6 % y en la porción plana del territorio con una cobertura del 53.5 % los subtipos subhúmedos. En la llanura costera predominan los subtipos climáticos cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual mayor a 22 °C y mes más frío mayor a 18 °C. En la parte más baja de la llanura se tiene el

Table 1. Climate types of the Soconusco Region, Chiapas.
Cuadro 1. Tipos climáticos de la Región Soconusco, Chiapas.

Climate type / Tipo Climático	Description / Descripción	Area (ha) / Superficie (ha)	Percentage(%) / Proporción (%)
C(m)	Semi-cold humid with abundant summer rainfall / Semifrío húmedo con lluvias abundantes de verano	11 195.10	2.44
(A)C(m)	Temperate humid with abundant summer rainfall / Templado húmedo con lluvias abundantes de verano	47 911.00	10.44
Am	Warm humid with abundant summer rainfall / Cálido húmedo con lluvias abundantes de verano	154 145.90	33.59
Aw2	Warm sub-humid with summer rains / Cálido sub húmedo con lluvias de verano	199 508.70	43.47
Aw1	Warm sub-humid with abundant summer rainfall / Calido subhúmedo con lluvias abundantes en verano	46 142.60	10.05
	Sum / Suma	458 903.3	100

Source: INEGI (2010).

Fuente: INEGI (2010).

Productive activities include rainfed agriculture, followed by irrigated agriculture and cultivated pasture. In the highlands, agriculture is more complex due to the steep slope conditions, which is why forest areas predominate. On the coastline there are protected areas of Mangroves and Popales that give rise to saline soils, making it difficult to practice agriculture (INEGI, 2017).

Climate division

According to the data found, the average temperature regime for the crop groups established in the methodology made it possible to generate the Climate Division for this study area, in which it was determined that 93 % of the surface of the area meets the favorable temperature condition for oil palm and the rest (7 %) is classified as Not Suitable (Figure 3). This indicates that there is no thermal restriction for the establishment of the oil palm crop.

Topoform System

In a second stage of the methodology, it was decided to include the topoform systems as elements related to the inclination of the land (slope), which limits oil palm cultivation (it grows poorly on slopes greater than 20 %), even if there are adequate temperature

clima semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano (Cuadro 1).

En el Soconusco se encuentran tres sistemas de topoformas que representan casi el 99 % de la región (Llanura Costera de Chiapas y Guatemala, Sierras Sur de Chiapas y Volcanes de Centroamérica); la Llanura Costera ocupa más del 50 %, por lo que se le prestó más atención, ya que en ella se encuentra la mayor diversidad de cultivos, incluida la palma de aceite. En esta llanura costera se tienen suelos relativamente jóvenes y profundos de origen aluvial con altos contenidos de materia orgánica, las altas precipitaciones causan que los suelos de la sierra y volcanes sean acarreados y acumulados en la parte baja. En la porción inundable y lacustre de la llanura costera los suelos son salinos con una elevada acumulación de sales solubles de calcio, sodio, magnesio y potasio (Solonchak), que los hace poco aprovechables en actividades agropecuarias. Las unidades que tienen mayor predominio son Acrisol, Cambisol y Feozem (INEGI, 2017).

Entre las actividades productivas está la agricultura de temporal, seguida de la agricultura de riego y pastizal cultivado. En la parte alta, la agricultura se hace más compleja debido a las condiciones de pendiente pronunciada, por ello, predominan las áreas de

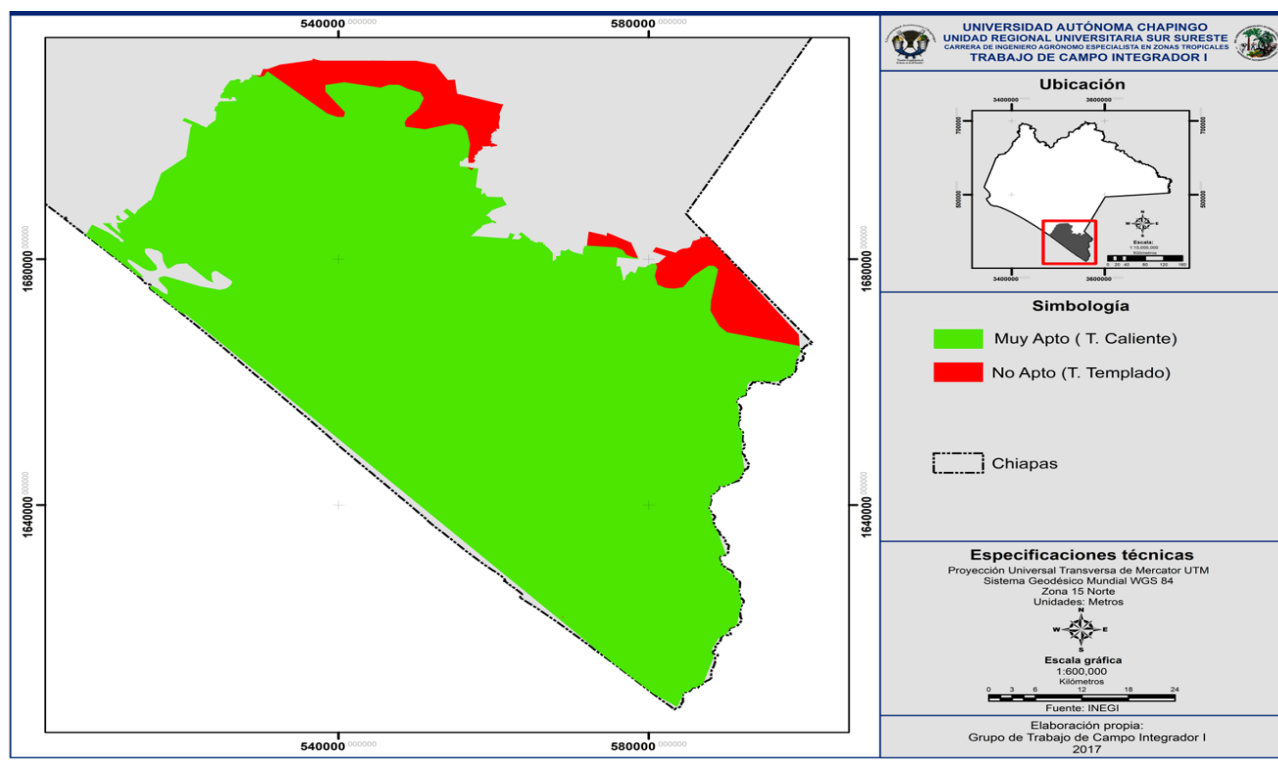


Figure 3. Climate Division Classification of the Soconusco Region, Chiapas.
Figura 3. Clasificación por División Climática de la Región Soconusco, Chiapas.

Table 2. Soconusco land classification according to the Topoform System
Cuadro 2. Clasificación por Sistema de Topoformas de la superficie del Soconusco.

Suitability / Aptitud	Area (ha) / Superficie (ha)	%
Very suitable / Muy apto	251 650.0	55.2
Not suitable / No apto	204 150.0	44.8
Total	455 797.0	100.0

conditions; if the soil is very steep, the oil palm will grow unsuccessfully.

According to the topoform criteria, the suitable zone is reduced, leaving the highlands and coastline as Not suitable zones (44.8 %) (Table 2); the hilly zone for its steep slopes and the coastal soils for their salinity, which not suitable palm cultivation. Meanwhile, 55.2 % of the territory remains Very Suitable. In other words, this zone is suitable for palm cultivation, because there are no limitations caused by the slope.

bosques. En la línea costera se encuentran áreas protegidas de Manglares y Popales que dan origen a suelos salinos, por lo que resulta difícil practicar la agricultura (INEGI, 2017).

División climática

De acuerdo con los datos encontrados, el régimen de temperatura media para los grupos de cultivos establecida en la metodología permitió generar la División Climática para la zona de estudio, en la que

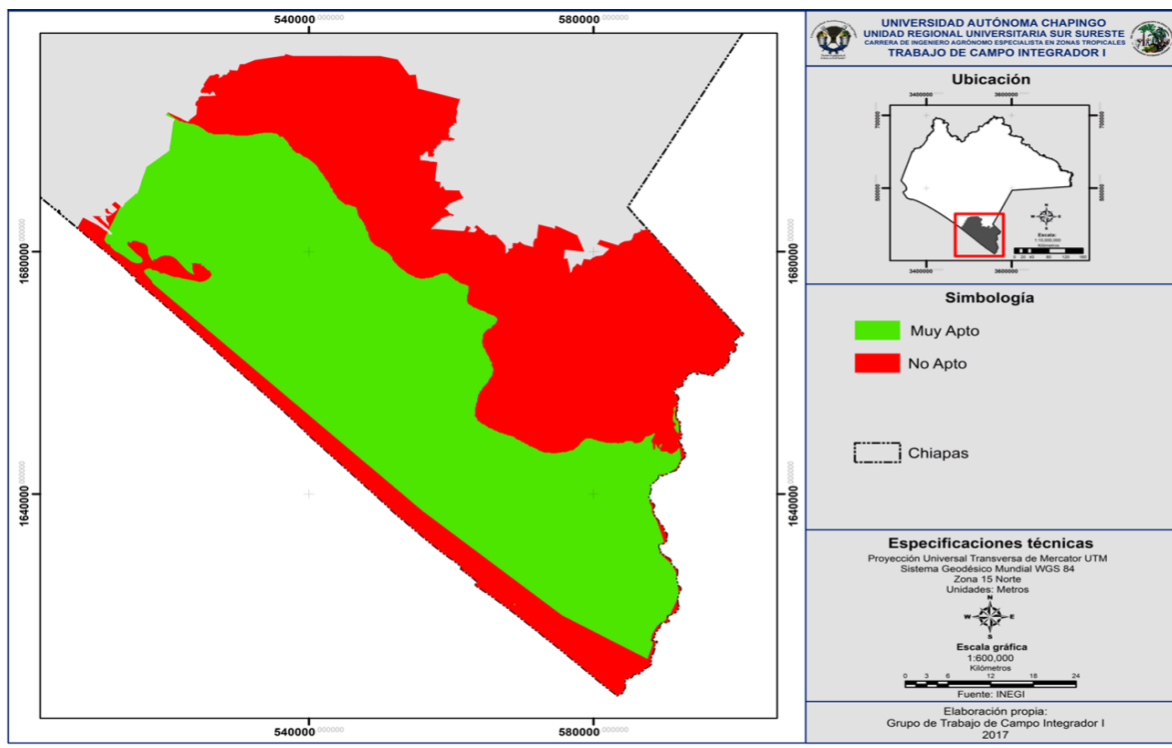


Figure 4. Classification of the Soconusco Region, Chiapas according to the Topoform systems.
Figura 4. Clasificación por Sistemas de Topoformas de la Región Soconusco, Chiapas.

An important requirement for oil palm is deep soils; the rugged topography limits its establishment because it is made up of shallow soils. For this reason, the classification according to topoforms delimits the plains as an area suitable for crop establishment; this relief condition also facilitates crop management (Figure 4).

The distribution of rainfall is a very important factor for the development of this crop, because it will determine the number of days where temperature and humidity conditions necessary for the phenological development of the plant will come together. The lower and upper limits of the rainfall ranges were taken as a reference to define the ranges of growth periods. As a result, suitability levels were established according to the criteria of the ZAE methodology. Since oil palm is a perennial crop, it needs water all year round, which implies longer growing seasons. The growth periods observed helped to make it possible to define homogeneous areas in terms of the number of days with appropriate moisture and temperature for the crop (Table 3).

In the highlands there is a greater number of favorable days (345-360 days), however, these are not suitable areas, due to the steep slope conditions.

como resultado se determinó que el 93 % de la superficie del área reúne la condición de temperatura favorable para la palma de aceite y el resto (7 %) se clasifica como No Apta (Figura 3). Lo que indica que no existe restricción de tipo térmico para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite.

Sistema de topoformas

En una segunda etapa de la metodología se decidió incluir los sistemas de topoformas como elementos relacionados con la inclinación del terrero (pendiente), ante lo cual tiene limitantes el cultivo de palma de aceite (no prospera adecuadamente en pendientes superiores a 20 %), aunque haya condiciones de temperatura adecuada, si el terreno es muy inclinado la palma como cultivo no prospera.

Aplicando el criterio de topoformas, la zona apta se reduce, dejando a las partes altas y línea costera como zonas No Aptas (44.8 %) (Cuadro 2); la zona cerril por su condición de pendientes fuertes y los suelos costeros por presentar salinidad, misma que no tolera el cultivo de palma. Mientras que el 55.2 % del territorio se mantiene en condición Muy Apta. Es decir, en esta zona si se puede establecer el cultivo, ya que no tiene limitaciones debidas a la pendiente.

Table 3. Growth periods (days) of the region of Soconusco, Chiapas.
Cuadro 3. Periodos de crecimiento (días) de la región Soconusco, Chiapas.

Growth period range (days) / Rango de periodo de crecimiento (días)		Growth period (days) / Periodos de crecimiento (días)	Suitability level / Nivel aptitud	Beginning of growing season (days) / Inicio del periodo de crecimiento (días)	Beginning of growing season Julian days / Inicio del periodo de crecimiento Días julianos
210	240	225	NS / NA	121	01- May / 01-May
240	270	255	S / A	109	19-Apr / 19-Abr
270	300	285	S / A	97	07-Apr / 07-Abr
300	330	315	S / A	85	26-Mar / 26-Mar
330	360	345	VS / MA	73	14-Mar / 14-Mar
360	360	360	VS / MA	67	08-Mar / 08-Mar
360	330	345	VS / MA	73	14-Mar / 14-Mar
330	300	315	S / A	85	26-Mar / 26-Mar

Source: Climate normals of the study area. NS: Not suitable. S: Suitable. VS: Very suitable.
 Fuente: Normales climatológicas de la zona de estudio. NA: No apto. A: Apto. MA: Muy apto.

On the coastline, although there are favorable slope conditions, due to the scarcity of moisture and the presence of high temperatures, it is classified as a not suitable and marginally suitable zone. The middle part of the region is the one that meets the appropriate conditions, where the characteristics of slope, temperature and moisture necessary for cultivation meet, resulting in suitable and very suitable areas for this study (Figure 5).

Using the information obtained, we calculated the area occupied by each area per level of climatic suitability in the region. This showed that only a little more than 40% of the area is in the categories of highest climatic suitability for oil palm cultivation in Soconusco, Chiapas. From the review of soil units to produce specific crops, a classification was created in which the middle part of the region is classified as having favorable soils. Towards the coastal area there are saline soils (Solonchak) that present limitations for plant growth due to their salt content. As a result of the classification by soil characteristics, a little more than 35 % of the study area is classified as suitable soils for oil palm cultivation, while most

Un requerimiento importante para la palma son suelos profundos, la topografía accidentada limita su establecimiento por estar constituidos de suelos someros. Por ello, la clasificación por topoformas delimita con bastante precisión a la llanura como zona apta para el establecimiento del cultivo; esta condición de relieve facilita además el manejo del cultivo (Figura 4).

La distribución de las lluvias es un factor muy importante para el desarrollo del cultivo, pues de ello dependerá el número de días donde se reúnen las condiciones de temperatura y humedad necesarias para el desarrollo fenológico de la planta. De los rangos de precipitación se tomaron como referencia los límites inferiores y superiores, para definir los rangos de periodos de crecimiento. Como resultado, se establecieron los niveles de aptitud acordes con los criterios que maneja la metodología de la ZAE. Debido a que la palma de aceite es un cultivo perene, necesita de humedad todo el año, lo que implica contar con periodos de crecimiento más largos. Los periodos de crecimiento obtenidos permitieron definir áreas homogéneas en cuanto a número de

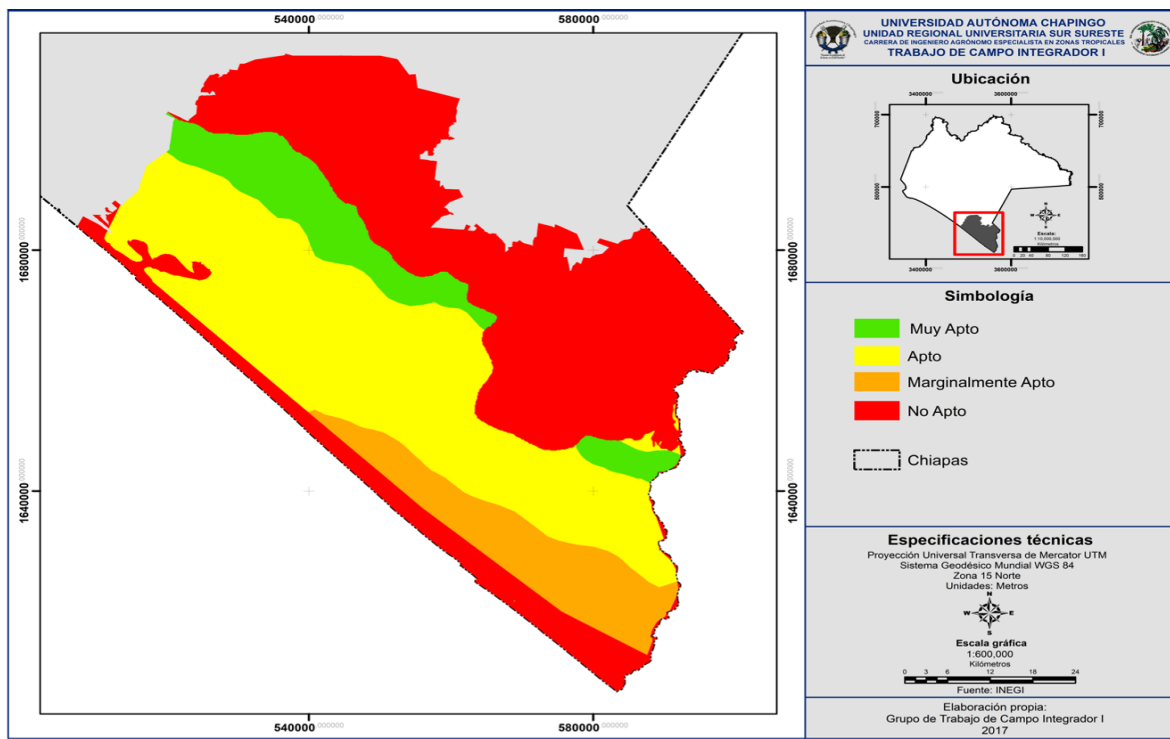


Figure 5. Classification per growth period in the region of Soconusco, Chiapas.
Figura 5. Clasificación por periodo de crecimiento en la región Soconusco, Chiapas.

Table 4. Distribution of suitability levels of growth.
Cuadro 4. Distribución de los niveles de aptitud de los Periodos de Crecimiento.

Classification per Growth Period / Clasificación por Periodo de Crecimiento		
Suitability / Aptitud	Area (ha) / Superficie (ha)	%
Very suitable / Muy apto	43 445.0	9.5
Suitable / Apto	163 536.0	35.9
Marginally suitable / Marginalmente apto	44 667.0	9.8
Not suitable / No apto	204 149.0	44.8
Total	455 797.0	100

of the territory fails to meet the requirement, as a result, the soil factor becomes a strongly limiting component for the establishment of this important crop (Table 4).

The moisture retention of a soil is determined by its texture. This will define the degree of moisture that

días con humedad y temperatura apropiados para el cultivo (Cuadro 3).

En la parte alta hay mayor número de días favorables (345-360 días), sin embargo, no son zonas aptas, debido a la condición de pendiente pronunciada. En la línea costera, aunque haya condiciones de

can be used. A coarse texture does not meet the necessary characteristics for oil palm to develop a good root system, which is essential for the absorption of nutrients and water. According to this criterion, about 33% of the territory under study has soils whose textures are appropriate for oil palm cultivation, in most cases, the soils do not have the soil textures in which it is recommended to grow oil palm.

The results from the interactions of climatic and soil categories show different areas of suitability for oil palm cultivation in Soconusco, Chiapas. Since oil palm is a purely industrial crop, like any other cultivated species, it requires special management and specific conditions for establishment. According to the categories of the AEZ methodology (Climate Division, Topoform System, Growth Period, Soil Units and Texture), the Agroecological Zoning Map for oil palm cultivation is obtained with a high level of investment with natural characteristics, that is, with the conditions provided by nature, generating four levels of aptitude. Very suitable: This zone has favorable climatic and soil conditions for oil palm development. It is distributed in a strip that passes through the municipalities of Acacoyagua, Huixtla and Villa Comaltitlán, covering an area of 38 019 ha (Figure 6). The area established for oil palm so far in the region is 34 000 ha, distributed in all the municipalities that comprise the coastal plain, so too much of the cultivated area is not well located in the areas marked as potentially productive.

Suitable: these areas do not meet any of the categories required by the classification, so they have been downgraded one class. The suitable areas cover an area of 115 501 ha, located in a strip in the middle part of the study area. Part of the area planted with oil palm is in this zone, so there is a difference in terms of crop development and yield, compared to those established in the Very suitable zone.

Marginally suitable: this zone has greater limitations, that is, it does not meet the requirements of the crop and the methodology is very demanding in this aspect, causing degradation in more than one category. It covers an area of 94 632 ha, located towards the southern part of the region. There are oil palm plantations in this area, the prevalence of the crop is because the plant is noble and resistant to severe moisture conditions and long periods of drought, the result will be seen in the behavior of the plant, as well as in fruit production.

Not suitable: these areas do not meet the necessary conditions for oil palm cultivation, meaning, these areas are not suitable for the establishment of this crop. The unsuitable areas occupy about 50 % of the

pendiente favorable, debido a la escasez de humedad y presencia de temperaturas elevadas, se ubica como zona no apta y marginalmente apta. La parte media de la región es la que cumple con las condiciones adecuadas, ahí se reúnen las características de pendiente, temperatura y humedad necesarias para el cultivo, resultando en zonas aptas y muy aptas en este estudio (Figura 5).

Con la información resultante se calculó la superficie que ocupa cada área por nivel de aptitud climática en la región. Así se obtuvo que, solo poco más del 40% del área se encuentra en las categorías de mayor aptitud climática para el cultivo de palma de aceite en el Soconusco, Chiapas. A partir de la revisión de las unidades de suelos para la producción de cultivos específicos se generó como resultado la respectiva clasificación en la que se ubica a la parte media de la región con suelos favorables. Hacia la parte costera se encuentran suelos salinos (Solonchak) que presentan limitaciones para el crecimiento de la planta debido al contenido de sales que poseen. Producto de la clasificación por características edafológicas se tiene que un poco más del 35 % del área de estudio se ubica en los suelos aptos para el cultivo de palma de aceite, mientras que la mayor proporción de territorio no cumple con el requerimiento, por lo que el factor suelo se convierte en un componente fuertemente limitante para el establecimiento de este importante cultivo (Cuadro 4).

La retención de humedad de un suelo está determinada por su textura. Esta definirá el grado de humedad que puede ser aprovechable. La textura gruesa no cumple con las características necesarias para que el cultivo de palma pueda desarrollar un buen sistema radical, lo cual es fundamental para la absorción de nutrientes y agua. Aplicando este criterio se obtiene que alrededor del 33 % del territorio en estudio tiene suelos cuyas texturas son apropiadas para el cultivo de palma de aceite, en la mayor proporción no existen condiciones de texturas en los suelos en los que se recomienda establecerlo.

El resultado obtenido en las interacciones de las categorías climáticas y edáficas muestra diferentes áreas de aptitud para el cultivo de la palma de aceite en el Soconusco, Chiapas. Al ser un cultivo netamente industrial, como cualquier especie cultivada requiere de un manejo especial y condiciones específicas para su establecimiento. Aplicando las categorías de la metodología de ZAE (División climática, Sistema de Topoformas, Periodo de crecimiento, Unidades de Suelo y Textura), se obtiene el Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de palma de aceite con un nivel de inversión alto con características naturales,

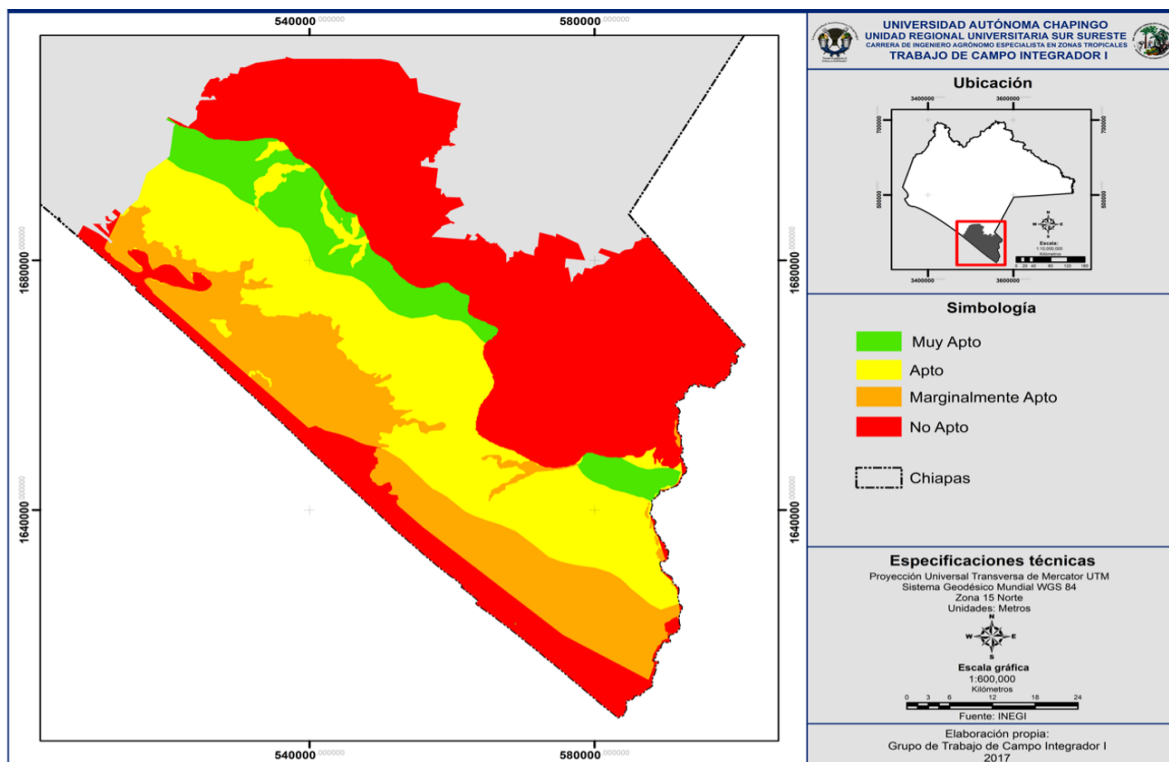


Figure 6. Agroecological zoning of oil palm in the Soconusco region, Chiapas.
Figura 6. Zonificación agroecológica de la palma de aceite en la región Soconusco, Chiapas.

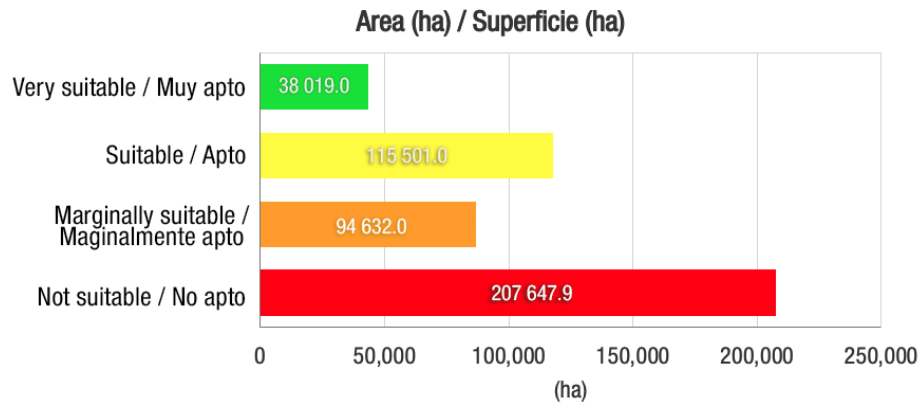


Figure 7. Suitability levels of agroecological zoning in Soconusco, Chiapas.
Figura 7. Niveles de aptitud de la zonificación agroecológica en el Soconusco, Chiapas.

study area, covering an area of 207 647.9 ha, located in the northern and southern parts of the region. The former because of its steep slopes and the latter because of its restrictive saline soils (Figure 7).

There are probably areas in the suitable, marginally suitable and unsuitable zones that meet the requirements of the plant (Very suitable) and have not been differentiated on the map, this is because the scale used was 1:250,000 and they are not identifiable by the minimum area that can be mapped.

es decir, con las condiciones que la naturaleza provee, generándose cuatro niveles de aptitud. Muy apta: en esta zona se reúnen las condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo de la palma de aceite. Se encuentra distribuida en una franja que pasa por los municipios de Acacoyagua, Huixtla y Villa Comaltitlán, cubriendo una superficie de 38 019 ha (Figura 6). La superficie establecida de palma de aceite hasta ahora en la región es de 34 000 ha, distribuidas en todos los municipios que comprende la llanura costera, por lo que demasiada superficie cultivada

Table 5. Suitability levels for oil palm in Soconusco, Chiapas.
Cuadro 5. Niveles de Aptitud para palma de aceite en el Soconusco, Chiapas.

Suitability category / Categoría de Aptitud	Area (ha) / Superficie (ha)	Percentage (%) / Proporción (%)	Area (ha) / Superficie (ha)	Percentage (%) / Proporción (%)
NS / NA	207 647.9	45.55		
Ma / Ma	94 632.0	20.76	302 279.9	
S / A	115 501.0	25.34		
VS / MA	38 019.0	8.34	153 520.0	33.68
Total	455 802.9	100		

The very suitable and suitable categories are those that meet the soil conditions required by oil palm cultivation for adequate development, and those that naturally contain the possibility of supporting and maintaining acceptable oil palm production, for a total of 153 520 ha, while 302 279.9 ha are not suitable for oil palm (Table 5).

The best environmental conditions for oil palm plantations (33.68 %) are found in the middle part of the study area, describing a strip that runs along the Soconusco; while the zones with strong limitations (66.31 %) are mostly located in the northern part of the territory, especially in the hills and highlands, and in a smaller strip towards the south near the coastal border on saline and floodable soils.

Conclusions

The areas with the highest productive potential for oil palm production in Soconusco were spatially defined, as well as those that do not meet the ideal requirements based on their natural environmental characteristics.

The best soil and climatic conditions for oil palm plantations are found in 38 019 ha corresponding to the Very Suitable category and 115 501 ha corresponding to the Suitable category. These two categories together account for 153 520 ha (33.68 %), being the most suitable for oil palm cultivation in Soconusco.

The marginally suitable and not suitable categories cover a total of 302 279.9 ha (66.31 %), being the least recommendable for oil palm cultivation.

no está bien ubicada en las áreas marcadas como potencialmente productivas.

Apta: estas áreas no cumplen con alguna de las categorías que exige la clasificación por lo que han sido degradadas una clase. Las zonas aptas cubren una superficie de 115 501 ha, ubicadas en una franja de la parte media del área de estudio. Parte de la superficie sembrada con palma de aceite se encuentra en esta zona, por lo que se observa diferencia en cuanto a desarrollo y rendimiento productivo del cultivo, comparado con las establecidas en la zona Muy apta.

Marginalmente apta: esta zona presenta mayores limitaciones, es decir, no cumple con las exigencias del cultivo y la metodología es muy rigurosa en ese aspecto, causando degradación en más de una categoría. Ocupa una superficie de 94 632 ha, ubicada hacia la parte sur de la región. Existen plantaciones de palma de aceite en esta zona, la prevalencia del cultivo es debido a que la planta es noble y resistente a condiciones severas de humedad y a largos periodos de sequía, el resultado se verá en el comportamiento de la planta, así como en la producción de fruta.

No apta: estas áreas no reúnen las condiciones necesarias para cultivar palma de aceite, en definitiva, no son áreas adecuadas para el establecimiento del cultivo. Las zonas no aptas ocupan cerca del 50 % del área de estudio, cubriendo una superficie de 207 647.9 ha, ubicadas en la parte norte y sur de la región. La primera de ellas por presentar pendientes fuertes y, la segunda restrictiva respecto a condición de suelos salinos (Figura 7).

Among the physical components that condition the growing of oil palm in Soconusco we find the slope of the land, which reduces the possibility of its establishment by 44.8 %, followed by the soil factor, particularly depth and texture, since thin soils and coarse textures are not recommended for the establishment of oil palm as a crop.

In Soconusco there are currently 34 000 ha under oil palm, according to the agro-ecological zoning, most of this area is in the Very Suitable zone, while a smaller but no less important percentage is located between the Suitable and marginally Suitable zones.

Due to the limited digitalized information of the study area, a greater level of detail was not achieved, however, a first approach was achieved allowing a better planning of the use of productive spaces.

Acknowledgements

The authors thank the institutions, production associations, producers and other people who contributed with their time, information and valuable opinions for the development of this study.

End of English version

References / Referencias

- Aguilar, G. N., Arias N., A. A., y Santoyo C., V. H. (2013). La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.): avances y retos en la gestión de la innovación. CIESTAAM, UACH. Chapingo, México. 140 p.
- Arias, A. N. A. y González S., M. V. (2014). La palma de aceite. En: 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. México. 12-29 pp.
- Castellanos, N. A. (2018). Palma de aceite en tierras campesinas: la política de las transformaciones territoriales en Chiapas, México. *Revista Pueblos y fronteras digital*, 13.
- Castro, S. G. (2009). La palma africana en México. Los monocultivos desastrosos. Otros Mundos, AC/ Amigos de la Tierra México. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 10 p. http://www.wrm.org.uy/paises/Mexico/Palma_Africana_II.pdf. (consultado el 25 de mayo de 2017).
- Del Carpio, P. C. U. (2017). Soconusco, Chiapas. Transformaciones ambientales de origen antrópico. *DECUMANUS*, 2(2).
- FAO, (1997). Zonificación agroecológica. Guía general. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.

Seguramente en las zonas apta, marginalmente apta y no apta, existan áreas que cumplan con los requerimientos de la planta (Muy apta) y no se haya diferenciado en el mapa, esto es debido a que la escala utilizada fue de 1:250,000 y no son identificables por el área mínima cartografiada.

Las categorías muy apta y apta son las que reúnen las condiciones edafoclimáticas que requiere el cultivo de palma de aceite para su desarrollo adecuado, y las que de manera natural contienen la posibilidad de soportar y mantener productivamente aceptable a la palma de aceite, en un total de 153 520 hectáreas; mientras que 302 279.9 hectáreas no son aptas para el cultivo de esta oleaginosa (Cuadro 5).

Las mejores condiciones medioambientales para el cultivo de palma de aceite (33.68 %) se localizan en la porción media del área de estudio, describiendo una franja que corre a lo largo del Soconusco; mientras que las zonas con fuertes limitaciones (66.31 %) están localizadas en su mayor proporción en la parte norte del territorio, particularmente en condiciones de lomeríos y sierra, y en una franja más pequeña hacia el sur cerca del bordo costero sobre suelos salinos e inundables.

Conclusiones

Se definieron espacialmente las zonas con mayor potencial productivo para el establecimiento de la palma de aceite en el Soconusco, así como aquellas que no cumplen con los requerimientos idóneos con base en las características ambientales naturales que poseen.

Las mejores condiciones edafoclimáticas para el cultivo de palma de aceite se encuentran en 38 019 hectáreas correspondientes a la categoría Muy Apta y 115 501 ha que corresponden a la categoría Apta. Ambas categorías reúnen 153 520 ha (33.68 %), siendo estas las más adecuadas para establecer el cultivo en el Soconusco.

Las categorías marginalmente aptas y no aptas cubren un total de 302 279.9 ha (66.31 %), siendo estas las menos recomendables para el cultivo de esta oleaginosa.

Entre los componentes físicos que condicionan el cultivo de palma de aceite en el Soconusco se encuentran la pendiente del terreno que reduce en 44.8 % la posibilidad de su establecimiento; seguida del factor suelo, particularmente la profundidad y

- Hernández, C. J. M., Olivera, de los S. A., Palacios, P. A., Sandoval, E. A., Grajales, S. M., Estrada, V. J. D., Domínguez, C. E., Alonso, B. M., Ortiz, C. E., Ávila, A. L. N., Alejo, J. A., Coutiño, F. M. A., y González, L. V. W. (2006). Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. en México. 2ª ed. INIFAP. Libro técnico Núm. 14. 149 p.
- INEGI. (2010). Guía para la interpretación de cartografía edafología. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf>. (consultado el 28 de mayo de 2017).
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Chiapas 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de <http://www.datatur.sectur.gob.mx>. (consultado el 30 de mayo de 2017).
- Ordaz, H. J. C. (2013). Uso potencial de la palma de aceite en la producción de biodiesel en México. Tesis Doctoral. Centro de investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 84 p.
- Pájaro, H. D. y Ortiz, S. C. A. (1992). Estimación del periodo de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la república mexicana. Centro de edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Sandoval, E. A. (2011). Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur sureste de México: Trópico húmedo 2011. Paquete tecnológico palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Establecimiento y mantenimiento. Centro Regional de Investigación Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México.
- SAGARPA. (2011). Palma de Aceite. México: Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios.
- SAGARPA (DDR TAPACHULA). (2017). Estadísticas sobre producción agrícola del Soconusco, Chiapas.
- SIAP (2015). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (consultado el 2 de junio de 2017).

la textura, ya que los suelos delgados y las texturas gruesas no son recomendables para establecer como cultivo la palma de aceite.

En el Soconusco actualmente existen 34 000 ha cultivadas con palma de aceite, según la zonificación agroecológica realizada, la distribución de esta superficie se ubica en gran parte en la zona Muy Apta, mientras que un porcentaje menor, pero no menos importante, se encuentra entre las zonas Apta y marginalmente Apta.

Debido a la limitante en cuanto a información digitalizada de la zona de estudio, no se alcanzó un nivel de detalle mayor, sin embargo, se logró un primer acercamiento que permite hacer una mejor planeación sobre el uso de los espacios productivos.

Agradecimientos

A las instituciones, asociaciones de producción, productores y demás personas que brindaron su disponibilidad en tiempo, información y opinión de suma valía para la realización de este trabajo.

Fin de la versión en español