



Medio natural y ordenamiento territorial rural

en la región
transfronteriza
México-Guatemala



Aristides Saavedra Guerrero
Daniel M. López López



Medio natural y ordenamiento territorial rural en la región transfronteriza México-Guatemala

Aristides Saavedra Guerrero

Daniel M. López López

Luis A. Castellanos F. (colaboración en edición gráfica y cartográfica)

Aristides Saavedra Guerrero y Daniel López López (Fotografía)



Medio natural y ordenamiento
territorial rural en
la región transfronteriza
México-Guatemala

Directorio de la Colección Editorial RTMG

Dr. José Ignacio Chapela Castañares

Director General, CentroGeo

Dr. Carlos Macías Richard

Director General, CIESAS

Dr. Sergio López Ayllón

Director General, CIDE

Dra. Diana L. Guillén Rodríguez

Directora General, Instituto Mora

Dra. María del Carmen Pozo de la Tijera

Directora General, Ecosur

Dra. Regina Martínez Casas

Coordinadora General de la edición

Dr. Tonatiuh Guillén López

Coordinador de contenidos

Dulce Mariana Gómez Salinas

Editora ejecutiva

Comisión Científica de la Colección Editorial RTMG

Dra. Regina Martínez Casas
Secretaria Técnica

CIESAS

Dra. Julieta Fuentes Carrera
CentroGeo

Dr. Carlos Antonio Heredia Zubieta
CIDE

Dra. Martha Luz Rojas Wiesner
Ecosur

Dra. Mónica Toussaint Ribot
Instituto Mora

cip. centrogeo. biblioteca ing. jorge l. tamayo

nombres: Saavedra Guerrero, Aristides, coord. | López López, Daniel M., coord.

título: Medio natural y ordenamiento territorial rural en la región transfronteriza México-Guatemala. | Aristides Saavedra Guerrero, Daniel M. López López.

descripción: Primera edición | Ciudad de México: 2020

Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C. | Serie: Colección Región Transfronteriza México-Guatemala. (RTMG)

palabras clave: México| Guatemala |Región transfronteriza | Ordenamiento territorial| Desarrollo regional | Actividades productivas | Áreas naturales protegidas| Recursos naturales | Medio biofísico | Sistemas forestales y agroforestales | Sustentabilidad y conservación | Dinámica económica | Dinámica social.

clasificación: LC S494.5.A45 SA112

PROYECTO APOYADO POR EL FORDECYT

Diseño de portada: Samuel Morales Hernández

Fotografías: Daniel López López

Primera edición, 2020

D. R. © 2020, Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A. C.

Contoy 137 Esq. Chemax, Col. Lomas de Padierna, Alcaldía Tlalpan, C. P. 14240, Ciudad de México

www.centrogeo.org.mx

ISBN de la Colección: 978-607-98310-9-7

ISBN: 978-607-99075-3-2

D. R. © 2020, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

Juárez 87, Col. Tlalpan centro, Alcaldía Tlalpan

C. P.14000, Ciudad de México

www.ciesas.edu.mx

ISBN de la Colección: 978-607-486-578-3

ISBN: 978-607-486-589-9

D. R. © 2020, Centro de Investigación y Docencia Económicas, A. C.

Carretera México-Toluca 3655, Lomas de Santa Fe, Alcaldía Miguel Hidalgo, C. P. 01210, Ciudad de México.

www.cide.edu

editorial@cide.edu

TW @LibrosCIDE

ISBN de la Colección: 978-607-8508-97-6

ISBN: 978-607-8791-10-1

D. R. © 2020, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora

Calle Plaza Valentín Gómez Farías 12,

Col. San Juan Mixcoac, Alcaldía Benito Juárez,

C. P. 03730, Ciudad de México

Conozca nuestro catálogo en

www.mora.edu.mx

ISBN de la Colección: 978-607-8611-72-0

ISBN: 978-607-8611-90-4

D. R. © 2020, El Colegio de la Frontera Sur

Av. Centenario km 5.5, C. P. 77014

Chetumal, Quintana Roo

www.ecosur.mx

ISBN de la Colección: 978-607-8767-10-6

ISBN: 978-607-8767-23-6

La presente publicación fue sometida a una Evaluación de pertinencia que garantiza su temática, originalidad y calidad.



Frontera México-Guatemala. Cruce y comercio informal. Río Usumacinta, Benemérito de las Américas.



Frontera México-Guatemala. Comercio informal. Río Usumacinta, Roberto Barrios.

Agradecimientos

Al doctor Hans van der Wal, investigador del departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente de El Colegio de la Frontera Sur en Tabasco, México, por su invaluable aporte en la revisión del libro.

Al doctor Mauricio Cervantes Salas, profesor investigador del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial CentroGeo, por sus importantes aportes en la revisión del libro.

Al ingeniero Yosú Rodríguez Aldabe, por su respaldo incondicional en el desarrollo del proyecto y del libro.

Al doctor José Ignacio Chapela, director general del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial CentroGeo, por facilitar y dar soporte para la realización del proyecto.

Contenido

Introducción

Primera parte Caracterización biofísica

Capítulo 1 El área de estudio

Localización geográfica

Aspectos político-administrativos

Áreas Naturales Protegidas

Capítulo 2 Aspectos del medio natural/biofísico

Hidrografía

Cuenca del río Usumacinta

Cuencas de los ríos Candelaria y Hondo

Cuenca del río Suchiate

Cuenca del río Coatán

Cuencas de los ríos Cuilco, Selegua y Nentón

Cuenca del río Cuilco

Cuenca del río Selegua

Cuenca del río Nentón

Clima

Elementos del clima

Temperatura

Precipitación

Tipos de climas en la zona de estudio

Clima cálido seco

Clima cálido semihúmedo

Clima cálido húmedo

Clima cálido muy húmedo

Clima semicálido seco

Clima semicálido húmedo

Clima semicálido muy húmedo

Clima semicálido pluvial

Clima templado subtropical seco

Clima templado subtropical húmedo

[Clima templado subtropical muy húmedo](#)

[Clima semifrío muy húmedo](#)

[Clima frío húmedo](#)

[Geología/tipos de rocas](#)

[Clases-tipos de rocas/formaciones superficiales](#)

[Relieve](#)

[Altitud](#)

[Pendiente](#)

[Fisiografía](#)

[Clasificación fisiográfica de la región transfronteriza México-Guatemala](#)

[Geoestructura o estructuras geológicas](#)

[Provincias fisiográficas](#)

[Sierra Madre de Chiapas y Guatemala](#)

[Cordillera Central o centroamericana](#)

[Península de Yucatán](#)

[Llanura del golfo de México](#)

[Llanura del Pacífico](#)

[Depresión Central de Chiapas](#)

[Unidad climática](#)

[Grandes paisajes](#)

[Valle aluvial de río meándrico-agradacional](#)

[Llanura aluvial de desborde-agradacional](#)

[Llanura marina](#)

[Relieve superficies alomadas-disolucional](#)

[Relieve colinado-disolucional](#)

[Relieve colinado o lomerío erosional/areniscas arcillosas](#)

[Relieve colinado o lomerío erosional/conglomerados](#)

[Relieve colinado estructural erosional](#)

[Relieve altiplanicie estructural disolucional](#)

[Relieve altiplanicie estructural](#)

[Piedemonte aluvial](#)

[Relieve montañoso disolucional](#)

[Relieve montañoso estructural/erosional](#)

[Relieve montañoso volcánico erosional](#)

[Relieve montañoso erosional](#)

[Suelos](#)

[Cobertura vegetal y uso de la tierra](#)

[Segunda parte Ordenamiento territorial](#)

[Capítulo 1 Bases generales para una aproximación al ordenamiento territorial y desarrollo regional transfronterizo](#)

[Aptitud de las tierras](#)

[Clasificación de las tierras por su capacidad de uso](#)

[Capítulo 2 Propuesta de ordenamiento territorial con énfasis en sistemas agroforestales y forestales](#)

[Consideraciones generales para una aproximación al desarrollo rural transfronterizo](#)

[Retos y oportunidades para el ordenamiento territorial rural transfronterizo](#)

[Anexos](#)

[Anexo 1](#)

[Tipos de cobertura y uso de la tierra, descripción-símbolo](#)

[Bibliografía](#)

Introducción

A lo largo de las últimas dos décadas la región transfronteriza entre México y Guatemala se ha convertido en un espacio de cambio social de gran trascendencia por el impacto de los diversos procesos políticos, socioeconómicos y ambientales que involucra. El principal proceso es la expansión de un mercado laboral articulado por la demanda de trabajo en el sur de México y una creciente oferta procedente del norte de Guatemala. Las dimensiones y la estabilidad del mercado laboral entre México y Guatemala han generado una región transfronteriza,^[1] que de manera progresiva estrecha vínculos e interdependencias. Evidentemente, el lazo más intenso radica en la movilidad circular de personas, de origen guatemalteco, cuya producción económica depende en gran medida de su inserción laboral en México, impactando así en las economías y sociedades de origen. Junto con ello, en contraparte, se ha consolidado una importante economía en el sur occidente de México —particularmente en Chiapas— que absorbe y se basa en el consumo del trabajo migrante, como es notable en el sector agropecuario.

México ha generado una visión de desarrollo regional fronterizo sur, comprometida y comprendida de manera integral y en cooperación con Guatemala, misma que requiere de mayor elaboración en temas específicos. Con base en estos elementos de análisis se desarrolla el proyecto de investigación “Región transfronteriza México-Guatemala: dimensión regional y bases para su desarrollo integral” con el apoyo del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (Fordecyt), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), Guillen T. (2017b). Esta investigación interinstitucional tiene como meta central apoyar y actualizar la visión del desarrollo regional transfronterizo entre México y Guatemala, que contribuya al ordenamiento de su curso actual. En principio, tal visión debe basarse en un diagnóstico preciso e integral de las condiciones presentes. Con base en ello podrán orientarse las políticas públicas apropiadas, federales, locales y binacionales, que permitan a la región transfronteriza evolucionar hacia rutas que aseguren la calidad de vida, la sustentabilidad ambiental y el desarrollo compartido. Como parte del diagnóstico del escenario actual deberán conocerse las características del medio biofísico y su influencia y relación en las actividades productivas, aprovechamiento de recursos naturales y en el intercambio y dinámica económica y social.

Este trabajo se centra en el área de estudio delimitada como región transfronteriza para propósitos de su análisis y descripción, cuyo territorio comparten los dos países, y sobre el

cual se presenta una propuesta de unidades de ordenamiento territorial con base en las condiciones de los recursos naturales desde la perspectiva de la aptitud de las tierras. Ello coadyuva en la planificación del uso y manejo de la tierra, en el contexto del desarrollo regional transfronterizo entre México y Guatemala.

En la primera parte del libro se presenta la localización geográfica del área de estudio delimitada por los autores para la región transfronteriza en su contexto regional, y se describen de manera general aspectos político-administrativos y aspectos estratégicos relacionados con las Áreas Naturales Protegidas debido a su gran interés para el desarrollo regional. En la segunda parte se contemplan los aspectos que caracterizan el medio biofísico relacionados con hidrografía, relieve, clima, geología, fisiografía y suelos, los cuales son fundamentales en el análisis y definición de la aptitud de las tierras. Posteriormente se espacializa la cobertura vegetal y el uso actual de las tierras, seguido del análisis y la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. También se abordan las bases generales para una aproximación al ordenamiento territorial de la región, donde se presenta una propuesta de ordenamiento con énfasis en sistemas forestales y agroforestales y una zonificación forestal en subcategorías a nivel de zonas, subzonas, unidades de manejo y la distribución espacial de las tierras para actividades de conservación-protección, producción-aprovechamiento, restauración y regulación, desde una perspectiva sustentable y de conservación de los recursos naturales.



Frontera México-Guatemala. Tziscaco.

1 Vista como una región natural (con afinidades de tipo climático, geogenético, litológico) o territorio fronterizo que es transformado en transfronterizo esencialmente por la interacción que produce la movilidad circular continua de personas y su actividad económica, en particular en el sector agropecuario.

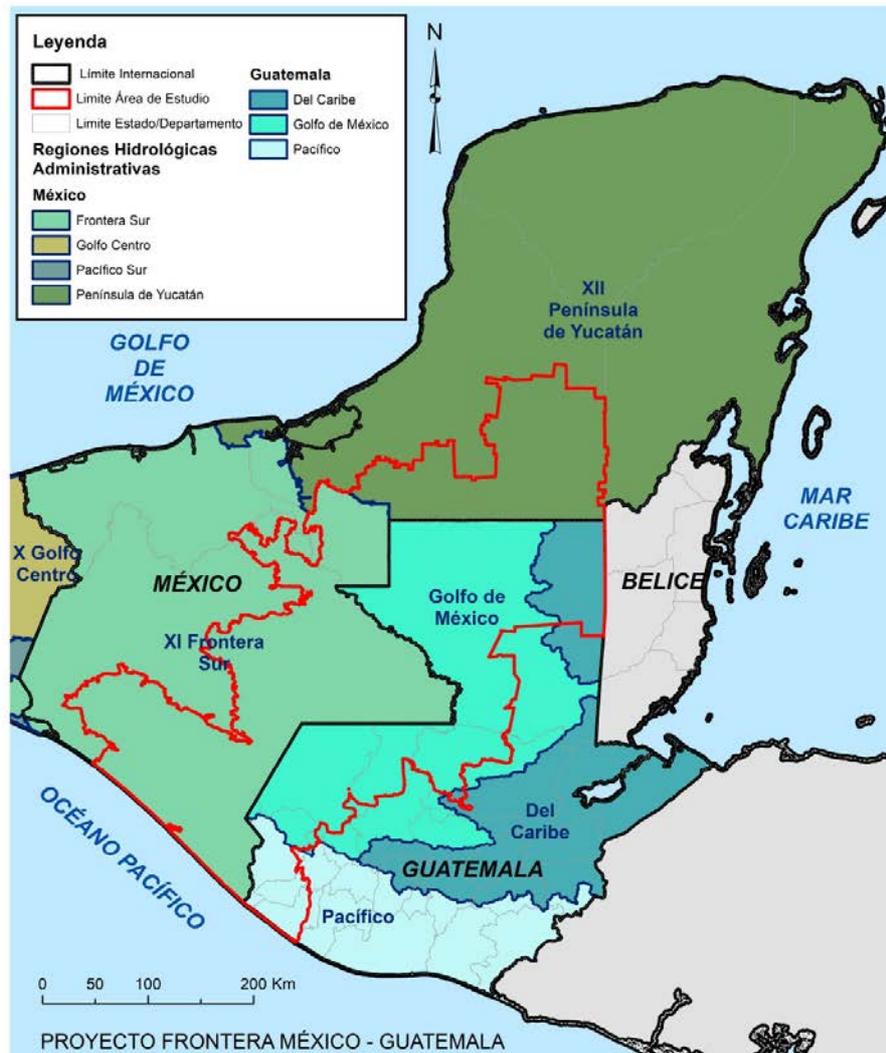
Primera parte
Caracterización biofísica

Capítulo 1

El área de estudio

La región transfronteriza de México y Guatemala forma parte del continuo en los aspectos de relieve, clima, hidrografía, geología, cobertura vegetal y uso de la tierra de Mesoamérica, una de las regiones biológicamente más diversas del planeta: es el segundo *hotspot*[\[2\]](#) más importante entre los 25 del mundo en cuanto a diversidad de especies y endemismo (Conservation International, 2004). Desde el punto de vista cultural y arqueológico la zona de estudio pertenece a la “región maya”[\[3\]](#) (figura 1), la cual incluye a Guatemala, el sureste de México, Belice y una franja estrecha de Honduras y El Salvador. Esta región en México comprende los estados de Chiapas, Tabasco y la península de Yucatán (Campeche, Quintana Roo y Yucatán).

Figura 2. Contexto regional: regiones hidrológicas y estados, área de estudio



Fuente: Conagua, 2009; INEGI, 2016; Segeplan, 2013.

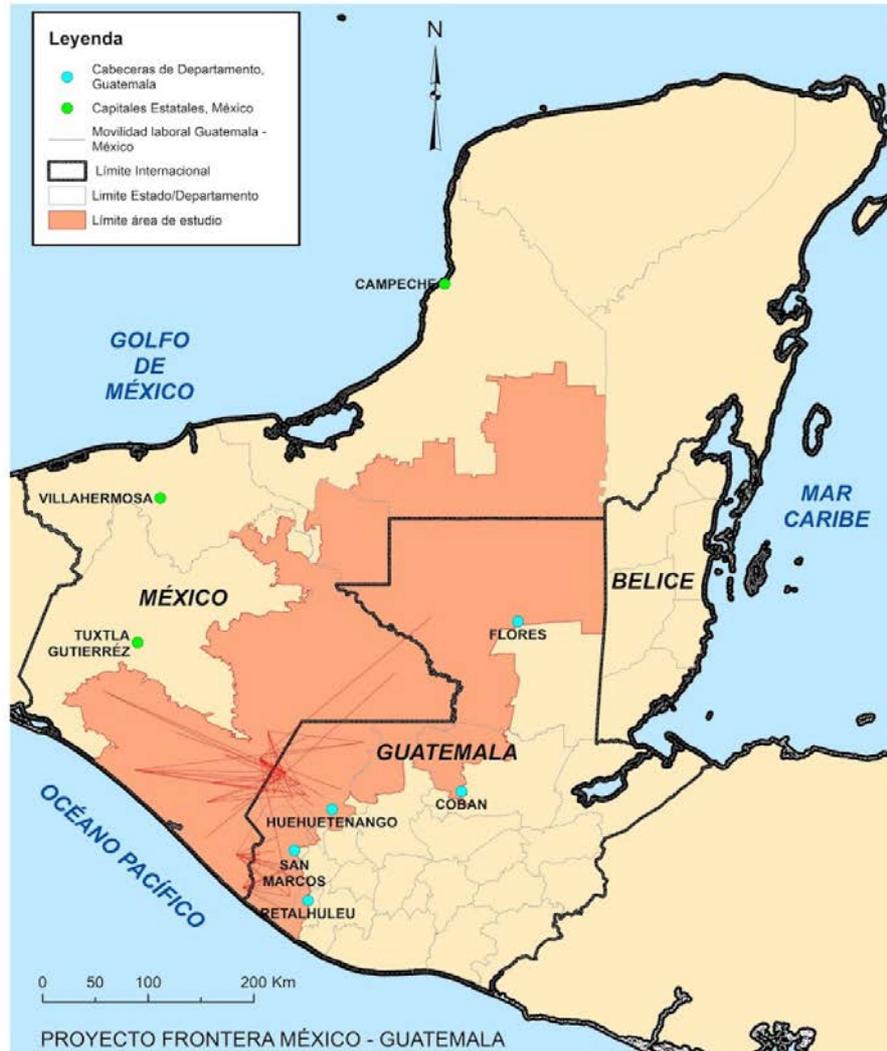
Localización geográfica

El área de estudio de la región transfronteriza México-Guatemala, aquí considerada, se localiza entre los $19^{\circ}9'43.28''$ y $93^{\circ}46'15.55''$ de latitud norte y los $14^{\circ}11'22.04''$ y $89^{\circ}07'16.42''$ de longitud (figura 3). Cubre una superficie aproximada de 11 597 505.04 hectáreas ($115\,975.05\text{ km}^2$), conformada por tres sectores fisiográficos: al norte la plataforma de Yucatán, en la parte central la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, Cordillera Central o centroamericana y la depresión central de Chiapas, y hacia el suroeste la llanura del Pacífico (Saavedra y Castellanos, 2013).

La línea fronteriza entre México y Guatemala tiene una longitud de 962.6 km; en la zona noreste la conforman los estados de Campeche, Tabasco, Chiapas y el departamento de Petén con una longitud de 611.4 km, de los cuales el sector del extremo norte está representado por un hito fronterizo[4] (línea fronteriza terrestre) como límite trazado artificialmente mediante mojones con una extensión de 305.4 km. Continuando con el trazado del límite de frontera internacional en sentido suroeste, cerca de dos kilómetros río arriba de la desembocadura del río Chocoljáh al río Usumacinta en la zona limítrofe

entre los estados de Tabasco y Chiapas en México y al noroeste de Guatemala en el Parque Nacional Sierra del Lacandón, el río Usumacinta es límite y frontera natural viva entre México y Guatemala. Desde este punto hasta la unión de los ríos Lacantún, La Pasión, Salinas y Chixoy o Negro, que en el territorio mexicano se conoce como el río Usumacinta, continúa la frontera natural por 306 km. Del lado guatemalteco este mismo río se denomina Usumacinta solamente en su trayecto hasta donde desemboca el arroyo el Chorro, comprendiendo 145 km. A partir de ahí, aguas arriba, los restantes 161 km el río se conoce como Salinas hasta el río Negro o Chixoy, proveniente de las montañas de los Cuchumatanes.

Figura 3. Área de estudio frontera México-Guatemala en el contexto regional



Fuente: Elaboración propia en 2017 con datos de Movilidad laboral (El Colef, 2015); capitales estatales México (INEGI, 2010); cabeceras de departamentos de Guatemala (Segeplan, IGN, 2012).

Desde el punto donde desemboca el río Chixoy al río La Pasión inicia nuevamente como hito fronterizo artificial la frontera terrestre por 268.2 km, hasta donde otra vez el límite fronterizo internacional es natural-vivo, conformado por el río Suchiate, cuyo tramo fronterizo termina en la desembocadura en el océano Pacífico después de un tramo de 83 km. En resumen, el límite de frontera entre los dos países tiene una extensión de 962.6 km, con una frontera terrestre como hito fronterizo artificial de 537 km equivalente a 59.6%, y el restante 40.4%, correspondiente a 389 km, es límite fronterizo natural vivo,

formado por los ríos Usumacinta-Salinas y Suchiate.

Aspectos político-administrativos

El área de estudio está conformada en México por partes de los estados de Chiapas, Campeche y Tabasco. Los dos primeros ocupan la mayor parte del área, Chiapas representa cerca de la mitad de la zona delimitada y del lado de Guatemala están los departamentos del Petén (el de mayor extensión en el país y en la zona de estudio), Alta Verapaz, Quiché, Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango y Retalhuleu. Dado el flujo migratorio circular, el estado de Chiapas es el más importante (figura 4). Según datos de la encuesta Emif (2015) en la frontera sur al cierre de 2016, el número de personas procedentes de Guatemala que cruzaron hacia México por razones laborales fue de más de 700 000. Esto permite apreciar la enorme escala de los actuales procesos de intercambio regional (Guillén, 2017a). Asimismo, de los ocho puntos formales de internación entre México y Guatemala, en Chiapas se localizan siete; el único restante corresponde a El Ceibo en Tabasco. Además, existen otros cruces informales de internación y paso como los detectados (en los estados de Chiapas y Tabasco) por observaciones de los autores en trabajo de campo en 2019, a través de los cuales se constató que hay flujo de personas e intercambio de mercancías (cuadro 1).

Cuadro 1. Cruces fronterizos formales ubicados en el límite internacional entre México y Guatemala^[5]

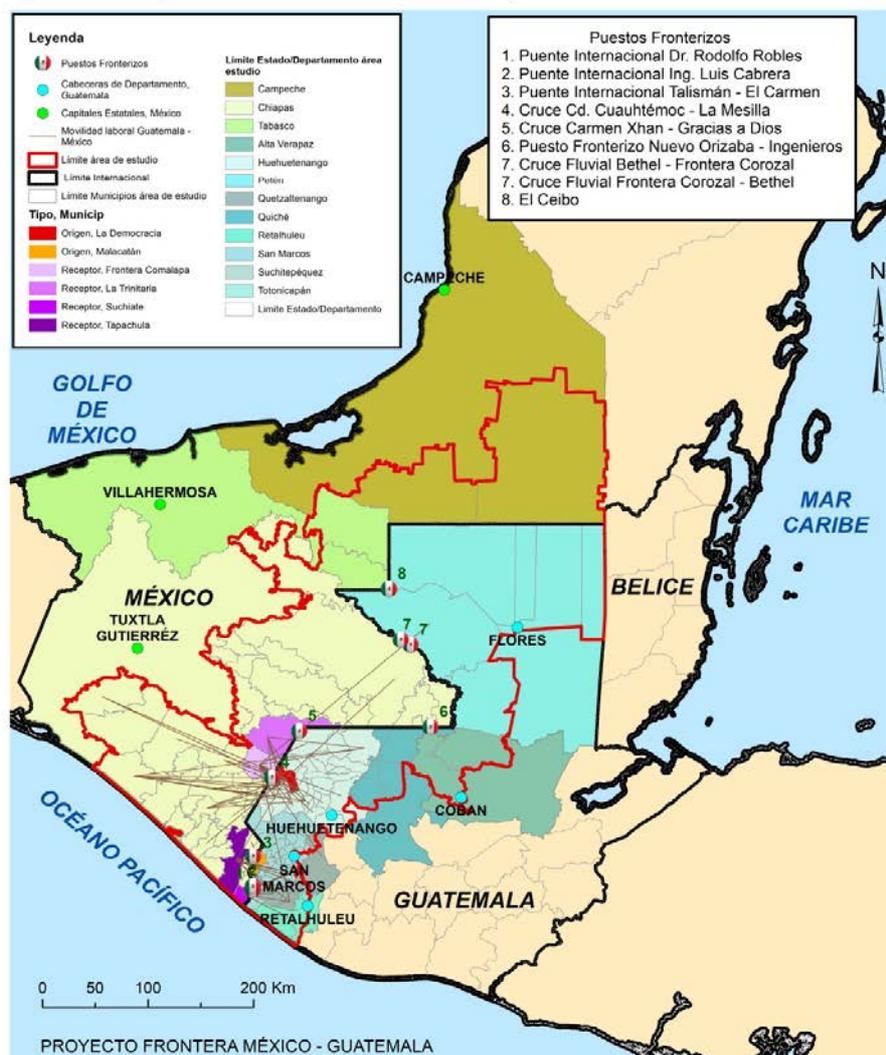
| Localización | Cruce fronterizo formal existente | Núm.. de cruce |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| En las márgenes del río Suchiate | Cd. Hidalgo, México-Tecún Umán, Guatemala, Puente Dr. Rodolfo Robles; Cd. Hidalgo, México-Tecún Umán, Guatemala, Puente Ing. Luis Cabrera; Talismán, México-El Carmen, Guatemala, Puente Talismán | 1, 2, 3 |
| En la segunda línea geodésica puntos 4 y 5 | Cd. Cuauhtémoc, México, La Mesilla, Guatemala; Carmen Xhán, México-Gracias a Dios, Guatemala | 4, 5 |
| En el primer paralelo punto 6 | Nueva Orizaba, México-Ingenieros, Guatemala ^[6] | 6 |
| En la margen del río Usumacinta | Frontera Corozal, México-Bethel, Guatemala | 7 |
| En el meridiano El Ceibo punto 8 | El Ceibo | 8 |
| Sobre las márgenes del río Usumacinta | Benemérito de las Américas, México-Santa Rosa y Santa Elena, Guatemala | 9 |
| Sobre la margen del río Usumacinta-río Salinas | Mollejón, cerca del puesto de la Marina, México | 10 |

| | | |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|----|
| Sobre la margen del río Salinas | Ejido Roberto Barrios, México | 11 |
| Laguna de Tziscaco | Tziscaco y Laguna de Tziscaco, México-Guatemala | 12 |
| Maravilla Tenejapa | Nuevo Matzám, México | 13 |
| Motozintla | Niquivil | 14 |

Fuente: SRE, 15 de marzo de 2016, disponible en <https://www.gob.mx/sre/acciones-y-programas/cruces-fronterizos-entre-mexico-y-guatemala>.

Del lado de Guatemala siete departamentos comparten el límite fronterizo con México, siendo el Petén el que comparte casi 50% hacia el noreste, y seis se encuentran hacia el suroeste (figura 4). Sin embargo, el mayor flujo migratorio circular proviene de los departamentos de Huehuetenango, San Marcos y Quezaltenango, y en menor medida los departamentos de Quiché, Alta Verapaz y Retalhuleu. Del lado mexicano, los estados de Campeche y Tabasco comparten el límite fronterizo en el sector noreste y Chiapas hacia el sur. Del lado guatemalteco el mayor número de municipios se concentra en los departamentos de Huehuetenango y San Marcos, y del lado mexicano en Chiapas (cuadro 2).

Figura 4. División político-administrativa, movilidad laboral y cruces fronterizos



Fuente: Elaboración propia en 2017 con datos de Movilidad Laboral (El Colef, 2015); capitales estatales México (INEGI, 2019); cabeceras de departamentos de Guatemala (Segeplan, IGN, 2012).

Cuadro 2. Estados-departamentos y municipios en el área de estudio de la frontera sur

| País | Departamento / Estado | Municipios |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GUATEMALA | Petén | Melchor de Mencos, Flores, San José, San Andrés, San Benito, La Libertad y Sayaxché |
| | Alta Verapaz | Chisec y Cobán |
| | Quiché | Ixcán |
| | Huehuetenango | Santa Cruz Barillas, San Mateo Ixtatán, Nentón, Santa Eulalia, Soloma, San Juan Ixcoy, Chiantla, San Sebastián Coatán, San Miguel Acatán, Concepción Huista, San Rafael La Independencia, Jacaltenango, Santa Ana Huista, La Democracia, La Libertad, Cuilco, Tectitán, Todos Santos Cuchumatán, San Juan Atitán, San Rafael Petzal, Santa Bárbara, San Ildefonso Ixtahuacán, Colotenango, San Gaspar Ixchil, Nebaj, Chajul, Huehuetenango y Malacatancito |
| San Marcos | Tacaná, San José Ojetenam, Concepción Tutuapa, San Sibinal, Malacatán, San Miguel Ixtahuacán, Sipacapa, Tajumulco, Ixchiguan, Tejutla, Comitancillo, San Pablo, San Marcos, Catarina, Ayutla, El Rodeo, San Rafael Pie de la Cuesta, Esquipulas Palo Gordo, El | |

| | | |
|--------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Tumbador, San Cristóbal Cucho, La Reforma, Nuevo Progreso, El Quetzal, Pajapita, Ocos, San Lorenzo; Río Blanco, Cabricán y San Carlos Sija |
| | Retalhuleu | Nuevo San Carlos, El Asintal, Retalhuleu, Champerico |
| | Quezaltenango | Coatepeque, Flores Costa Cuca, Génova, Colomba, Sibia |
| MÉXICO | Campeche | Calakmul y Candelaria |
| | Tabasco | Balancán y Tenosique |
| | Chiapas | Palenque, Ocosingo, Benemérito de las Américas, Marqués de Comillas, Maravilla Tenejapa, Altamirano, Las Margaritas, Chanal, Huixtán, Oxchuc, La Independencia, La Trinitaria, Comitán de Domínguez, San Cristóbal de Las Casas, Tzimol, La Concordia, Villa Corzo, Villaflores, Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Acacoyagua, Villa Comaltitlán, Escuintla, Ángel Albino Corzo, Montecristo de Guerrero, Chicomuselo, Frontera Comalapa, Bella Vista, Amatenango de la Frontera, La Grandeza, El Porvenir, Bejucal de Ocampo, Mazapa de Madero, Suchiate, Motozintla, Cacahoatán, Unión Juárez, Tuxtla Chico, Metapa, Frontera Hidalgo, Tapachula, Mazatán, Huehuetán, Tuzantán y Huixtla |

Fuente: INEGI, 2019; Segeplan, IGN, 2012.



Frontera artificial (mojones). Cruce "formal", controles relativos. Plantación de caucho. Puesto Aduanero Nuevo Orizaba, México una mega obra (elefante blanco sin uso). Ingenieros-Guatemala.



Frontera natural viva y artificial (mixta). Cruce informal Tziscoo (dolina). México-Guatemala. Laguna de Tziscoo (uvala). México.

En el cuadro 3 se listan los principales municipios de recepción y origen en relación con la movilidad laboral en el año 2015, para México y Guatemala, respectivamente (Guillén, 2017a).

Cuadro 3. Movilidad laboral de Guatemala a México, 2015

| Municipio receptor | Total | Porcentaje |
|----------------------------|--------------|---------------------|
| Frontera Comalapa, Chis.* | 179 179 | 24.9 |
| Tapachula, Chis. | 173 771 | 24.1 |
| La Trinitaria, Chis. | 88 606 | 12.3 |
| Suchiate, Chis. | 85 260 | 11.8 |
| Pijjiapan, Chis. | 37 991 | 5.3 |
| Cacahoatán, Chis. | 27 171 | 3.8 |
| Siltepec, Chis. | 16 506 | 2.3 |
| Escuintla, Chis. | 16 012 | 2.2 |
| Tuxtla Chico, Chis. | 15 413 | 2.1 |
| Chicomuselo, Chis. | 13 916 | 1.9 |
| Resto de municipios | 71 576 | 9.3 |
| Total de eventos | 725 402 | 100 |
| | | |
| Municipio de origen | Total | Porcentaje % |
| La Democracia (1)* | 138 281 | 19.1 |
| Malacatán (2) | 125 202 | 17.3 |
| La Libertad (1) | 52 720 | 7.3 |
| | | |

| | | |
|---------------------|---------|-------|
| Colotenango (1) | 50 362 | 6.9 |
| Cuilco (1) | 36 320 | 5.0 |
| San Pedro Necta (1) | 32 918 | 4.5 |
| Barillas (1) | 26 255 | 3.6 |
| Catarina (2) | 24 638 | 3.4 |
| Coatepeque (3) | 23 543 | 3.2 |
| San Pablo (2) | 19 635 | 2.7 |
| Resto de municipios | 195 530 | 27.0 |
| Total de eventos | 725 402 | 100.0 |

Fuente: Encuesta sobre migración en la Frontera Sur (El Colef, 2015); Guillén, 2017a.

Con respecto a los municipios destino en México, en los datos del cuadro 3 sobresale el peso relativo de los cuatro principales municipios receptores: frontera Comalapa, Tapachula, La Trinitaria y Suchiate; se localiza en ellos 73% del flujo laboral. Por otra parte, considerando los municipios de origen en Guatemala, existe una notable dispersión en comparación con los de destino; los dos mayores corresponden a La Democracia (Huehuetenango) y Malacatán (San Marcos), que representan algo más de un tercio del total de la movilidad (Guillén, 2017a).

Este panorama de la migración laboral de los departamentos de Quiché y Alta Veracruz como sitios de origen hacia el estado de Chiapas, principalmente los municipios de Ocosingo, Benemérito de las Américas y Marqués de Comillas, se complementa con un intercambio comercial (maíz, ganado, cerveza, etc.) y la llegada de mujeres de Guatemala que se desempeñan como trabajadoras del hogar en los municipios mencionados de Chiapas (observación de los autores, 2018).

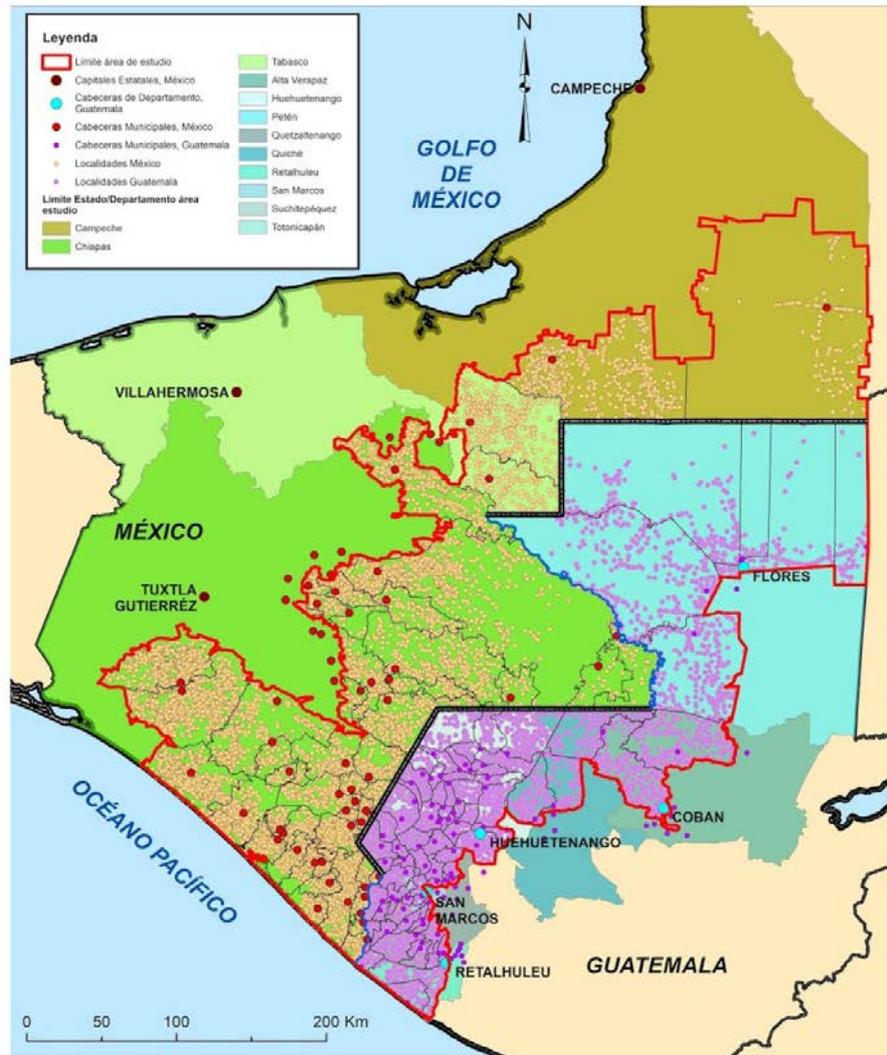


Cruce informal Ejido Roberto Barrios, México, frontera viva, río Salinas/Negro (comercio informal de cerveza hacia Las Pozas, Guatemala. Extracción de materiales aluviales).

En el análisis de la distribución de las localidades se puede observar que existe una gran concentración de estas en el sector suroeste del límite fronterizo (figura 5), lo cual se traduce desde el punto de vista de la densidad poblacional en una distribución y concentración muy marcada, con valores muy altos en un bajo número de municipios

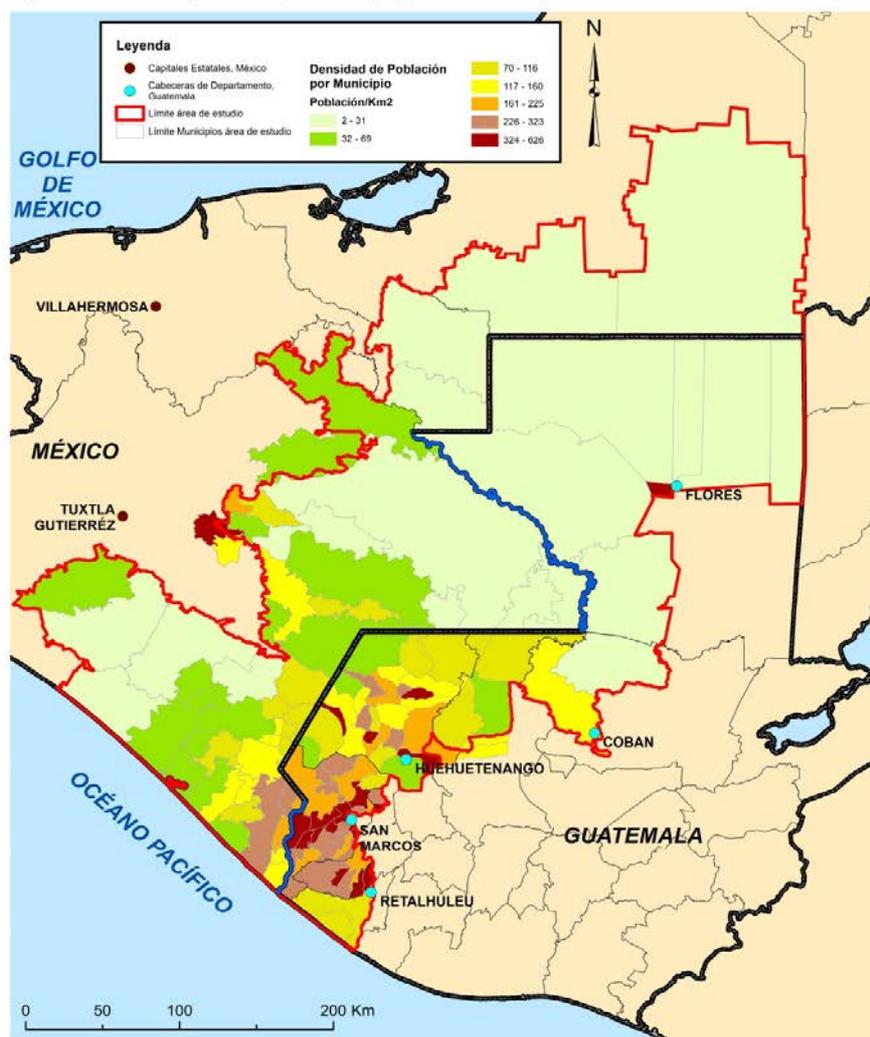
(figura 6) a ambos lados de la frontera. El mayor valor corresponde del lado de Guatemala a los municipios en el departamento de San Marcos de Malacatán, Catarina, San Pablo, El Rodeo, San Rafael Pie de La Cuesta, San Marcos y Comitancillo; en México a los municipios de Tapachula, Cacahotán, Tuxtla Chico, Unión Juárez, Tuzantan, Motozintla, El Porvenir, La Grandeza, Suchiate y Frontera Hidalgo, siendo los cuatro primeros los más densamente poblados. El noreste del área presenta los valores más bajos de densidad de población (menor a 31 habitantes/km²) que corresponde en Guatemala a los departamentos de Petén y Alta Verapaz, y en México a los estados de Campeche y Tabasco, así como los municipios de Ocosingo, Benemérito de las Américas y Marqués de Comillas en Chiapas.

Figura 5. Distribución de las localidades



Fuente: Elaboración propia con datos de distribución de las localidades. Capitales estatales, límites municipales y localidades de México (INEGI, 2019); cabeceras departamentales, límites municipales y localidades de Guatemala (Segeplan, IGN, 2012).

Figura 6. Densidad de población por municipio (habitantes/km2)



Fuente: Elaboración propia con datos de densidad de población por municipio. Población México, 2010, del censo de población y vivienda (INEGI, 2010); capitales estatales, límites estatales y municipales de México (INEGI, 2019); cabeceras de departamentos, límites municipales y localidades de Guatemala (Segeplan, IGN, 2012).

Áreas Naturales Protegidas

En la región transfronteriza se han decretado diversas Áreas Naturales Protegidas con el fin de preservar y proteger el patrimonio natural. En el cuadro 4 se muestra para el área de estudio la lista de las Áreas Naturales Protegidas decretadas por los dos países, y en la figura 7 se muestra su ubicación. Aunado a ello, se conservan zonas arqueológicas.

Cuadro 4. Áreas Naturales Protegidas en la región transfronteriza

| Nombre | Categoría | País |
|------------------|------------------------------------------------------------------|--------|
| La Sepultura | Reserva de la Biósfera | México |
| La Frailescana | Área de Protección de Recursos Naturales reservas de la Biósfera | México |
| El Triunfo | Reserva de la Biósfera | México |
| Huizapa-Sesecapa | Zona de Protección Forestal | México |
| | Área Natural y Típica | México |

| | | |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|-----------|
| La Concordia Zaragoza | | |
| Bosques de Coníferas Chanal | Área Natural y Típica | México |
| Cordón Pico El Loro-Paxtal | Zona Sujeta a Conservación Ecológica | México |
| La Encrucijada | Reserva de la Biósfera | México |
| El Cabildo Amatal | Zona Sujeta a Conservación Ecológica | México |
| El Gancho Murillo | Zona Sujeta a Conservación Ecológica | México |
| Montebello | Parque Nacional | México |
| La Caverna | Área Destinada Voluntariamente a la Conservación | México |
| La Serranía | Área Destinada Voluntariamente a la Conservación | México |
| Cerro El Mirador | Área Destinada Voluntariamente a la Conservación | México |
| Montes Azules | Reserva de la Biósfera | México |
| Lacan-Tún | Reserva de la Biósfera | México |
| Bonampak | Monumento Natural | México |
| Chan-Kin | Área de Protección de Flora y Fauna | México |
| Yaxchilán | Monumento Natural | México |
| Nahá | Área de Protección de Flora y Fauna | México |
| Metzabok | Área de Protección de Flora y Fauna | México |
| Cañón del Usumacinta | Área de Protección de Flora y Fauna | México |
| Palenque | Parque Nacional | México |
| Volcán Tacaná | Zona Sujeta a Conservación Ecológica | Guatemala |
| ZUM de la RBM | Reserva de Uso Múltiple | Guatemala |
| Mirador Río Azul | Parque Nacional | Guatemala |
| Dos Lagunas | Biotopo Protegido | Guatemala |
| San Miguel la Palotada | Biotopo Protegido | Guatemala |
| Tikal National Park | Parque Nacional | Guatemala |
| Parque Nacional Laguna del Tigre | Parque Nacional | Guatemala |
| Sierra del Lacandón | Parque Nacional | Guatemala |
| ZUM de la RBM | Zona de Amortiguamiento | Guatemala |
| El Pucte | Refugio de Vida Silvestre | Guatemala |
| San Román | Reserva de la Biósfera | Guatemala |
| Dos Pilas | Monumento Cultural | Guatemala |
| Aguateca | Monumento Cultural | Guatemala |

| | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------|
| Petexbatún | Refugio de Vida Silvestre | Guatemala |
| El Rosario | Parque Nacional | Guatemala |
| Ceibal | Monumento Cultural | Guatemala |
| ZAM San Román | Zona de Amortiguamiento | Guatemala |
| Doña Chanita Flor de la Pasión | Reserva Natural Privada | Guatemala |
| La Cumbre Flor de la Pasión | Reserva Natural Privada | Guatemala |
| Ceibo Mocho Flor de la Pasión | Reserva Natural Privada | Guatemala |
| Laguna Lachuá | Parque Nacional | Guatemala |
| Visis-Cabá | Reserva de la Biósfera | Guatemala |
| Volcán Tajumulco | Zona de Veda Definitiva | Guatemala |
| Volcán Lacandón | Zona de Veda Definitiva | Guatemala |
| Manchón-Guamuchal | | Guatemala |

Fuente: Conanp, 2016; IGN, 2004.

En México, las ANP que por su extensión sobresalen son las Reservas de la Biósfera La Sepultura, El Triunfo, La Encrucijada en la vertiente del Pacífico y Montes Azules y Calakmul en las vertientes del golfo de México y el mar Caribe. En Guatemala un total de 3 500 millones de hectáreas conforman el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap) (Conap, 2016), se estima que 60% de esta superficie está en Petén. La región de estudio incluye la mayor parte la Reserva de la Biósfera Maya (RBM) con 825 351 ha, además de los parques nacionales Sierra del Lacandón (191 867 ha) y Laguna del Tigre (289 912 ha).

Figura 7. Áreas Naturales Protegidas en región transfronteriza



Fuente: Elaboración propia con datos de Conanp, 2016; IGN, 2004.

La distribución espacial de las ANP y AP en ambos lados de la frontera se concentra en variados ecosistemas que reúnen una gran diversidad biológica y cultural, que corresponden particularmente a selvas y bosques que aún persisten como un continuo, en especial al noreste y centro del área de estudio, y en menor proporción en los sectores del suroeste. Por el contrario, los ecosistemas fuera de las Áreas Naturales Protegidas se encuentran en su mayor parte transformados por las diferentes actividades productivas que provocan grandes cambios en el uso del suelo. Por lo tanto, es importante continuar manteniendo a ambos lados de la frontera dichas Áreas Protegidas y velar por su conectividad, de tal manera que permitan y garanticen la continuidad de conexión entre las diferentes poblaciones de plantas y animales, mantener la diversidad biológica, reducir la fragmentación y su disminución para mejorar la conectividad de los paisajes y ecosistemas, los cuales tienen un papel muy importante al ser reguladores de muchos procesos ecológicos.



Área de Protección de Flora y Fauna del cañón del Usumacinta, México.

-
- 2 Zonas de elevada biodiversidad caracterizadas por niveles excepcionales de endemismos y pérdidas importantes del área del hábitat en cuestión.
- 3 La región maya es una de las áreas más amplias de Mesoamérica y forma parte de la región denominada del Petén, que abarca una mayor extensión entre los países de México, Guatemala y Belice. Es considerado uno de los hábitats más ricos del mundo, pues alberga una gran diversidad de ecosistemas y especies, muchas de ellas únicas de esta zona y con extraordinarios vestigios arqueológicos patrimoniales de culturas milenarias. Se extiende desde Chiapas a través del Petén en Guatemala y Belice hasta Honduras y El Salvador, comprende además parte de México en los estados de Chiapas y Tabasco, y Campeche, Yucatán y Quintana Roo (península de Yucatán).
- 4 Es una señal de tipo permanente, generalmente de cemento o piedra, que delimita territorios o propiedades, y en ocasiones para marcar alturas, distancias o direcciones de una vía o un camino, en cuyo caso se generaliza su nombre a hito geográfico. También se le denomina *mojón*. https://es.wikipedia.org/wiki/Hito_fronterizo.
- 5 SRE, 15 de marzo de 2016, disponible en <https://www.gob.mx/sre/acciones-y-programas/cruces-fronterizos-entre-mexico-y-guatemala>.
- 6 No se incluyen aquí tres puntos que se ubican en Quintana Roo en la frontera con Belice.

Capítulo 2

Aspectos del medio natural/biofísico

Los suelos, las aguas, el clima, la geología/litología, la geomorfología, la vegetación y la fauna son los componentes que en su conjunto conforman el sistema natural. Estos componentes funcionan de manera específica e interrelacionada y cumplen con las diferentes funciones del sistema natural. A través de estas funciones el sistema natural provee servicios ecosistémicos esenciales para la sociedad en general, en particular para la población local asentada en el territorio.

Como producto de las actividades humanas, el sistema natural ha evolucionado y se ha transformado en paisajes culturales o antroposistemas con diferentes grados de intervención humana. Para conservar y hacer un uso adecuado de los servicios que provee el sistema natural es necesario el conocimiento tanto del medio natural en su conjunto como de cada uno de sus componentes y de las interacciones entre ellos y con la sociedad (Saavedra, López y Castellanos, 2019).

En las cuencas interactúan varios elementos biofísicos, socioeconómicos y culturales, por lo cual constituyen una unidad espacial de análisis fundamental para estudiar los procesos socioambientales que resultan de la aplicación de políticas en materia de uso y manejo de los recursos naturales (suelos-subsuelo, agua, vegetación), y al mismo tiempo se consideran una unidad esencial para la planificación de medidas destinadas a corregir y reestablecer impactos ambientales provocados por el inapropiado uso y manejo de las tierras y los recursos naturales.

El conocimiento de las características del sistema natural en una región y sus continuidades y discontinuidades es un elemento para el diseño e implementación de políticas relacionadas con el uso de la tierra, la conservación de la biodiversidad, así como la conservación y la protección de los recursos naturales. Los diferentes elementos del sistema natural conforman en el territorio un continuo que no está circunscrito a las divisiones político-administrativas, sean de carácter local, regional, nacional o internacional. Es este último el caso del área transfronteriza de México y Guatemala, cuyo conocimiento permite la planeación adecuada de actividades propias del desarrollo rural sustentable más allá del territorio nacional, buscar la coordinación transfronteriza en lo relacionado y separado artificialmente por las fronteras, y así contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población. En el siguiente apartado se hace una descripción

general de los aspectos del medio natural.

Hidrografía



Laguna de Tzisco, México-Guatemala. Límite frontera mixta natural viva y artificial (mojoneras-boyas).

La distribución y configuración espacial de los escurrimientos superficiales se organizan y conforman con el relieve, que define la red de drenaje (red fluvial) en las cuencas en sus diferentes niveles. En un sentido amplio, una cuenca es una unidad de territorio donde las aguas fluyen mediante un sistema natural interconectado de cauces que vierten sus aguas en un mismo río, el cual actúa como colector de otros ríos secundarios o afluentes (arroyos, quebradas).

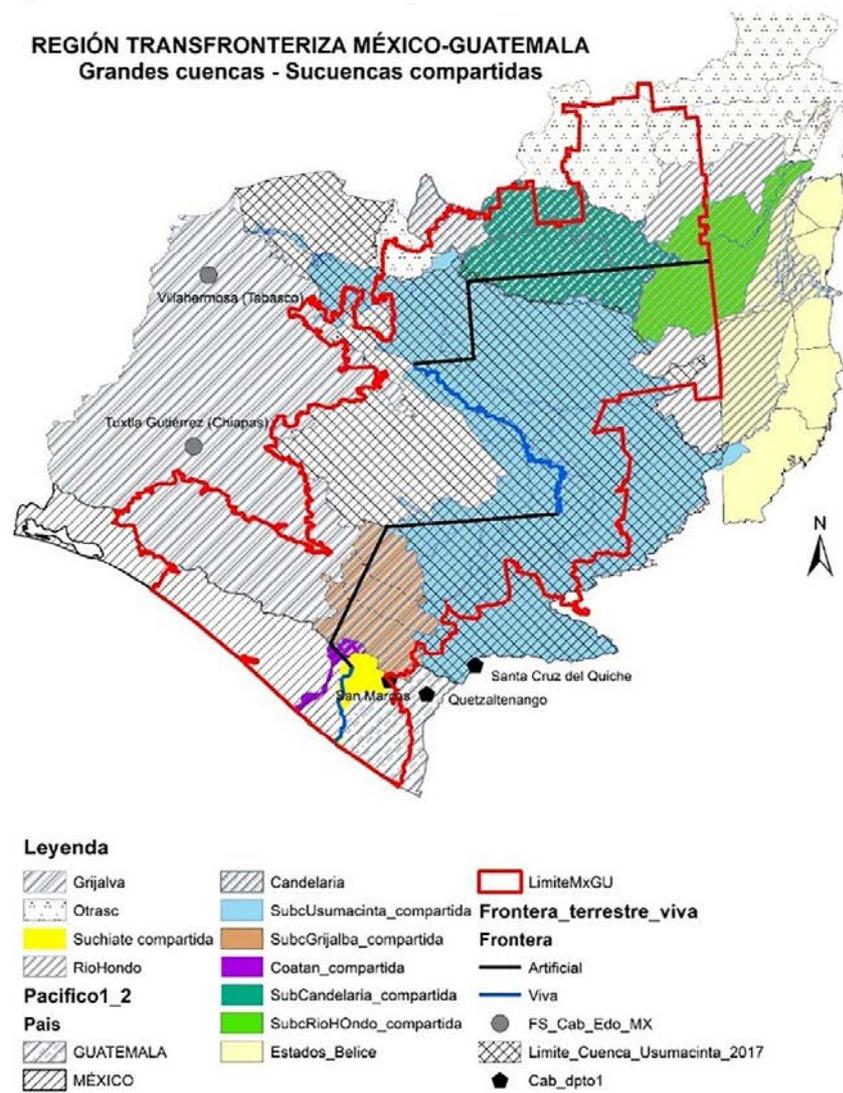
Las cuencas en la región transfronteriza están definidas por la división natural de las aguas debida a la conformación del relieve y delimitadas por divisorias de aguas o parteaguas.^[7] La región se encuentra inmersa principalmente en las cuencas hidrológicas compartidas del Usumacinta, Grijalva y del Suchiate y Coatán en el Pacífico. Los ríos que conforman estas cuencas son de gran importancia ya que aún se conservan como ríos vivos (cuencas vivas), pues no presentan cambios ni alteraciones sustanciales provocadas por la intervención del hombre (en el área de estudio), es decir, no se identifican como ríos afectados por megaproyectos (hidroeléctricos y mineros) mediante construcciones y represamiento de sus aguas (embalses, presas) —solo en el caso de la cuenca del río Grijalva aguas más abajo del área de estudio—, de tal manera que todavía sostienen su continuidad en los procesos ecológicos y evolutivos que los mantienen.

Los diversos ecosistemas presentes en las cuencas de la región ofrecen una serie de servicios ambientales, los cuales están fuertemente ligados al régimen hidrológico, es decir, a las propiedades biofísicas de los diferentes ecosistemas en el área, que determinan la manera de liberar o descargar el agua del ecosistema relacionado, y que hacen que el agua que sale de sus cuencas en forma de caudales tenga una variabilidad estacional definida con una calidad dada.

La diversidad de paisajes presentes en la región y la variabilidad estacional influyen directamente en la calidad y cantidad del agua que se presenta, y de estos, a su vez, se derivan los servicios ambientales que proporcionan, tales como el mejoramiento o estabilización del caudal del agua y de los caudales del estiaje, captación e infiltración de agua, suministro y calidad de agua dulce para uso doméstico, agropecuario e industrial, concentración de sedimentos suspendidos, arrastre de fondo con variada concentración de sedimentos y residuos de fertilizantes y plaguicidas, atenuación de los efectos del cambio climático, generación de oxígeno, protección de la biodiversidad, retención de suelo, refugio de fauna y belleza paisajística, entre otros (FAO, 2007, Saavedra, López y Castellanos, 2019). La permanencia y funcionalidad de estos servicios dependen de la conservación y el uso y manejo adecuado de los recursos naturales.

Las cuencas transfronterizas en el área de estudio son: *a)* del sistema Usumacinta por parte de México: las cuencas del Gran Usumacinta, San Pedro, Lacantún y Comitán, y por parte de Guatemala: Usumacinta, San Pedro, La Pasión, Salinas, Xaclbal, Pojom e Ixcán; *b)* del sistema Grijalva en Guatemala las cuencas de los ríos Nentón, Selegua y Cuilco; y del lado mexicano Lagartero, Selegua y Tapizaca; *c)* de la costa del Pacífico las cuencas Suchiate y Coatán, y *d)* en el sector noreste en el Caribe las cuencas de los ríos Candelaria y Hondo (figura 8).

Figura 8. Cuencas transfronterizas entre México y Guatemala



Fuente: Elaboración propia con datos de Conagua/INEGI, 2010; Segeplan, 2004.

Cuenca del río Usumacinta

La cuenca del Usumacinta es la que comparte la mayor extensión en el límite fronterizo (figura 9). De los aproximadamente 950 km lineales de la frontera sur de México que hacen contacto con Guatemala y Belice, más de la mitad (550 km) se encuentra dentro de la cuenca del río Usumacinta. La mayor parte del sector alto de la cuenca se encuentra en Guatemala, mientras que el sector bajo es casi exclusivamente mexicano, lo que implica que México es el que recibe en última instancia los impactos acumulados sobre la red hidrológica de los procesos de transformación y desarrollo que ocurren en el resto de la cuenca (March y Castro, 2010).

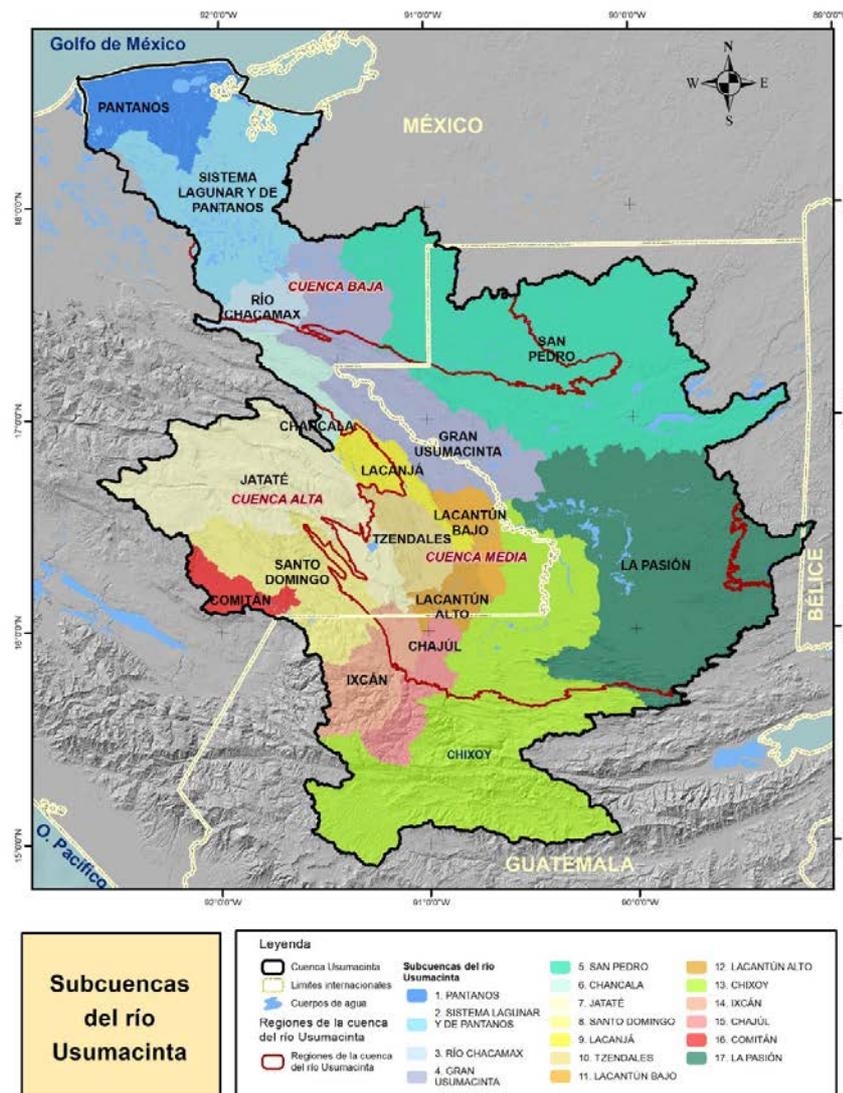
Tiene una superficie de 77 436 km², de los cuales 53 615.7 km² (69.2%) se incluyen en el área de estudio, que corresponden al 46% de esta; contiene uno de los ecosistemas de mayor riqueza natural y diversidad de especies y hábitats, muchos de ellos únicos en la zona y con extraordinarios vestigios arqueológicos patrimoniales de culturas milenarias.



Frontera viva México-Guatemala. Playas del río Usumacinta en primavera, frontera Corozal, México.

El río Usumacinta se considera el cauce principal, con un área de captación de 106 000 km²; representa 30% de agua dulce que posee México (Cabrera y Cuc, 2002). El río Chixoy o Negro, uno de los afluentes principales del Usumacinta, nace en las montañas de la Chamá y los Cuchumatanes del altiplano guatemalteco. Además del Chixoy, componen el sistema fluvial del Usumacinta otros tres ríos: La Pasión, el San Pedro y el Lacantún. Los dos primeros tienen su mayor área de drenaje en Guatemala, y el último en México; sus tributarios principales son los ríos Santo Domingo, Jatate, Tzendales y Lacanja, todos en territorio mexicano, a excepción del río Santo Domingo, que tiene una pequeña porción en Guatemala. Completan la cuenca del Lacantún dos afluentes provenientes de Guatemala, el Chajúl y el río Ixcán. El río San Pedro proviene de los municipios de San Andrés y La Libertad, Petén, su longitud es de 728.85 km y desemboca en el Usumacinta, pocos kilómetros aguas arriba de Balancán.

Figura 9. Subcuencas del río Usumacinta



Fuente: Regiones hidrológicas (cuencas, cuerpos de agua), (INEGI, 2010).

La vegetación natural en la cuenca consiste básicamente de dos grandes ecosistemas bosques (pino, encino, mesófilo de montaña y de latifoliadas) y selvas (alta y mediana perennifolia y subperennifolia), la cual ha sido reemplazada en su mayor parte (aproximadamente 70%) por pastizales, palma africana, hule, agricultura de temporal, y en Guatemala sobresalen plantaciones de palma africana, hule, teca, melina. El 30% que se ha conservado en lo que respecta a las selvas, el ecosistema más intervenido, corresponde a Áreas Naturales Protegidas, en las que sobresalen por su extensión en México la Reserva de la Biósfera de Montes Azules y en Guatemala la Reserva de Uso Múltiple en el Petén y el Parque Nacional Sierra del Lacandón.

Parte de la cuenca alta del Usumacinta es la subcuenca endorreica[8] del río Comitán, a la cual se le conoce como la cuenca río Grande-Lagunas de Montebello. Tres municipios (La Independencia, Comitán y La Trinitaria) comparten aproximadamente la misma cantidad (alrededor de 30%) de territorio en la cuenca. Completan el área Las Margaritas (3%) y la localidad guatemalteca de Nentón (0.3%). La vegetación natural en la cuenca la conforman bosques mixtos de pino-encino, pino-encino-liquidámbar, así como bosques de pino y bosques de encino; la agricultura de temporal cubre la mayor parte del total del área (alrededor de 57%); asimismo, existe en la cuenca un distrito de temporal tecnificado

denominado 011 Margaritas-Comitán (DTT0) con una extensión de 48 000 hectáreas que beneficia a 5 397 usuarios. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) identifica esta cuenca como una región hidrológica prioritaria, pues alberga parte del Área Natural Protegida del Parque Nacional Lagunas de Montebello (Conagua, 2009). También presenta una gran diversidad de ecosistemas, paisajes antrópicos y naturales de abundante composición florística (presentes en sus ANP), en diferentes suelos desarrollados sobre sedimentos superficiales y distintos materiales parentales (tipos de rocas), las cuales no solo le imprimen condiciones especiales desde el punto de vista geopedológico y geohidrológico (aguas subsuperficiales) a las cuencas, sino además por su gran riqueza y belleza paisajística, haciéndola una zona alta y potencialmente turística y de sustento y bienestar para sus pobladores.

Toda su riqueza natural, arqueológica, cultural y paisajística sin par en el área de estudio ha permitido hasta la fecha el desarrollo de actividades turísticas, en general de baja intensidad. Su potencial turístico podría ser aprovechado en mayor medida a partir de un plan binacional de desarrollo turístico responsable ambiental y socialmente, que utilice el amplio espectro de atracciones turísticas.

Cuencas de los ríos Candelaria y Hondo

La cuenca del río Candelaria es de carácter binacional, con 20% de su superficie en territorio guatemalteco, mientras que la del río Hondo es una cuenca tripartita, compartida por México (42.6%), Belice (29.1%) y Guatemala (28.2%). Aunque la mayor proporción de ambas cuencas se localiza en territorio mexicano, parte de las áreas de captación se encuentra en el norte del Petén guatemalteco, por lo que el manejo de ambas cuencas tanto en territorio guatemalteco como beliceño tiene un fuerte impacto en los procesos ambientales que ocurren río abajo. El río Candelaria desemboca en el sistema de reservas Términos-Centla, mientras que la desembocadura del río Hondo tiene influencia sobre las Áreas Protegidas de las bahías de Chetumal y Corozal (Benítez, 2010).

Para las dos cuencas la vegetación natural consiste en su mayor parte de selva mediana subperennifolia, que en el sector de Guatemala se conserva dado que forma parte de Áreas Naturales Protegidas; del lado mexicano la cuenca del río Hondo en la zona de estudio también conserva la vegetación natural. El sector que corresponde a la cuenca del Candelaria, la zona donde se conserva la vegetación coincide con el Área Natural Protegida de Kalakmul; en el resto de la cuenca alrededor de 50% de la vegetación natural ha sido reemplazada por pastizales y agricultura.

Cuenca del río Suchiate

Es una cuenca costera de la vertiente del océano Pacífico que drena sus aguas en él, con una extensión de 1 230 km², donde 83% (1 021 km²) se ubica en Guatemala y el restante 17% en México (209 km²). Es la cuenca transfronteriza que registra la mayor densidad de población en toda la frontera compartida por ambos países (Kauffer, 2010). La vegetación natural ha sido reemplazada en su mayoría por plantaciones de café en su parte media, y agricultura anual y semipermanente (banano) en la parte baja. En la parte alta quedan pequeños relictos de bosque mesófilo de montaña y de pino.

Cuenca del río Coatán

Es una cuenca costera que desemboca en el océano Pacífico; con una superficie de 733 km², es la más pequeña de las seis cuencas transfronterizas que México y Guatemala comparten en su frontera común. Guatemala se encuentra en la parte alta y México, que ocupa 63% del territorio de la cuenca, río abajo (Kauffer, 2010). Igual que la cuenca del Suchiate, la vegetación natural ha sido reemplazada en su mayoría por plantaciones de café en su parte media y pastizales y plantaciones de mango, banano y palma africana en la parte baja. En la parte alta predomina una agricultura de subsistencia y quedan pequeños relictos de bosque mesófilo de montaña y de pino.

En la parte baja de la cuenca se localiza la ciudad de Tapachula, la cual se extiende hasta las riberas del río Cahoacán, que es el centro urbano más importante en este sector de la geografía mexicana, y un poblamiento de importancia regional y transfronteriza. En las últimas décadas el crecimiento de la zona urbana de Tapachula entre los ríos Coatán y Cahoacán se ha extendido hasta la planicie de inundación de los ríos mencionados, en consecuencia, en la actualidad la vulnerabilidad a inundaciones de la población aquí localizada es alta; también ha sido escenario de violentas inundaciones, como las de los años 1998 y 2005, que afectaron la mayor parte de la ciudad y destruyeron colonias completas. En la época de estiaje el río disminuye considerablemente su caudal, y los habitantes de Tapachula se ven abocados a escasez de agua para el consumo doméstico (Kauffer, 2010).

Cuencas de los ríos Cuilco, Selegua y Nentón

Pertenecen al sector alto de la gran cuenca del río Grijalva, y la mayor parte de su área de drenaje se localiza en Guatemala. En estas cuencas casi la totalidad de la población rural basa su economía productiva en la actividad agropecuaria, con el consecuente deterioro de los recursos naturales. El comportamiento del proceso migratorio es similar para las tres cuencas, caracterizado por: *a*) población que migra a los países del norte (Estados Unidos y México); hacia México para realizar transacciones comerciales y emplearse en fincas; *b*) población emigrante al interior del país, y *c*) población que migra temporalmente a la costa pacífica de Guatemala como fuerza laboral en fincas cafetaleras, algodonerías, cañeras y ganaderas, principalmente. Para las tres cuencas en el lado mexicano la vegetación natural ha sido reemplazada en su totalidad por agricultura anual en las cuencas Nentón y Cuilco, y por café y agricultura anual en la cuenca Selegua.

Cuenca del río Cuilco

Con una extensión de 2 301 km² dentro del territorio, presenta una variación altitudinal de entre 850 y 3 720 m. La división político-administrativa de la cuenca está conformada por los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango y una pequeña porción de Totonicapán. La vegetación natural consiste básicamente de bosques de pino, de la cual alrededor de 60% ha sido reemplazada por agricultura. El uso generalizado de la tierra está caracterizado por agricultura anual de subsistencia con la producción de cultivos de maíz y frijol, en las zonas bajas calientes intercalados con calabaza, y en las zonas altas con habas. También se presentan cultivos permanentes como los frutales

(durazno, melocotón y pera) en sistemas de huertos familiares. En general las condiciones de vida de la población son precarias, y un alto porcentaje no alcanza a cubrir sus necesidades básicas, como alimentación, educación, salud y dotación de servicios.

Cuenca del río Selegua

Con una extensión de 1 597 km² dentro del territorio guatemalteco, presenta una variación altitudinal de entre 620 y 3 837 m. La cuenca forma parte del departamento Huehuetenango, integrando dentro de ella a 21 municipios. La vegetación natural consiste básicamente de bosques de pino, de la cual alrededor de 80% ha sido reemplazada por agricultura. El uso generalizado de la tierra está caracterizado por un predominio de agricultura permanente (café), seguida de cultivos anuales (maíz, frijol, avena, papa, hortalizas) y pastizales en menor proporción.

Por el patrimonio cultural existente (92 sitios culturales mayas) y ecosistemas naturales únicos, la cuenca tiene un potencial turístico muy alto. El puesto fronterizo más importante de la cuenca es La Mesilla, el cual constituye una vía turística importante dentro de la denominada "ruta maya". La cuenca presenta un comportamiento especial en su dinámica poblacional, debido a su condición fronteriza y la débil base económica. Por la condición fronteriza de la cuenca y por las pocas opciones laborales, los procesos migratorios son muy dinámicos.

Cuenca del río Nentón

Con una extensión de 1 688 km² de los cuales 1 348 km² se ubican dentro del territorio guatemalteco (equivalente a 1.24% del territorio nacional), presenta una variación altitudinal de entre 850 y 3 720 m. La cuenca pertenece al departamento Huehuetenango, integrando dentro de ella dos municipios completos y parcialmente siete. La vegetación natural consiste en su mayoría de bosques de pino, de la cual alrededor de 80% ha sido reemplazada por agricultura.

El uso agrícola es de tipo tradicional con cultivos de maíz, frijol, huertos familiares, café, banano y pastos sin manejo. En general los problemas de sobreutilización de las tierras están asociados a la agricultura de ladera, bajo sistema de producción de subsistencia. En la cuenca se encuentran dos áreas de protección especial, la laguna de Yolnabaj y la sierra de Cuchumatanes. La cuenca posee un puesto fronterizo (Horno de Cal). La población presenta altos índices de pobreza y analfabetismo, con pocas oportunidades laborales permanentes. Los movimientos migratorios en la cuenca son marcados con desplazamientos a la costa sur y al sur oriente, en la zona de Ixcán hacia México y Estados Unidos.

Las condiciones del medio biofísico que caracterizan las cuencas que pertenecen a la zona de estudio están representadas por la diversidad de ecosistemas y paisajes constituidos y definidos en cada una de sus regiones hidrológicas, así como por sus climas que determinan su composición florística, faunística, evolución geogenética, sus características geomorfológicas y edafológicas que conforman sus diferentes paisajes (montañas, valles, piedemontes, lomeríos), por ejemplo relieves montañosos kársticos (dolinas, uvalas, poljes) y en general su fisiografía, lo cual no solo les imprime condiciones especiales desde el punto de vista geohidrológico que conforman y que hacen de esta un

área especial por su riqueza hídrica y la variada distribución de su red hidrográfica (aguas de escorrentía, subsuperficiales-sumideros), misma que baña el territorio (de surnoreste y norsureste), sino además por su gran belleza paisajística, haciéndola una zona con alto potencial turístico que permite la sustentabilidad del recurso hídrico, los ecosistemas y el sustento y bienestar para sus pobladores.

Clima



Tipos de nubes. Altocúmulos-cirrocúmulos-cumulonimbos.

Para la caracterización y clasificación de las unidades climáticas propuestas en el área de estudio se tuvieron en cuenta los principales elementos climáticos (precipitación y temperatura) para establecer las clases de unidades climáticas; igualmente se consideraron las provincias de humedad, la bio-temperatura media anual (°C), el promedio de precipitación total por año (mm), la altitud (msnm) y las regiones latitudinales del sistema de clasificación de zonas de vida.[\[9\]](#) Esto con el fin de mostrar las relaciones entre el clima, la flora, la fauna y en general los distintos hábitats desde el punto de vista de los ecosistemas presentes en el área de estudio y relacionados con cada una de las unidades climáticas.

El clima es uno de los factores más importantes para la existencia del planeta, ya que determina y regula las formas de vida y subsistencia de las diferentes especies de flora y fauna, y, por ende, la distribución de los ecosistemas. También interviene en todas las actividades y hábitos de la especie humana, como son la producción y el tipo de alimentos que consume, la vivienda, la ropa que usa y las diversas ocupaciones económicas y lúdicas a las que se dedica. La variabilidad climática, expresada como eventos meteorológicos extremos, es un elemento determinante de riesgos y amenazas naturales que afectan a la población y a muchas de las actividades que realiza.

El clima es un elemento de gran importancia como componente del medio natural por su directa influencia en la evolución de los suelos y del paisaje. Asimismo, es un factor

indispensable para la determinación de las amenazas y riesgos naturales, y desde el punto de vista socioeconómico, por su influencia en la aptitud de uso y manejo de las tierras (López, Saavedra y Castellanos, 2016).

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el sistema climático es interactivo y complejo; está constituido por la atmósfera, la litósfera (superficie terrestre) y la hidrósfera (la nieve y el hielo, los océanos, los lagos). El componente atmosférico del sistema climático es el que más claramente lo caracteriza, y suele definirse como el estado promedio del tiempo durante muchos años. Igualmente se considera que el clima suele estar descrito en términos del valor medio, y la variabilidad de la temperatura, de la precipitación y del viento a lo largo de un periodo de tiempo, a escala de meses, decenios o siglos (OMM, 2011).

La Universidad Politécnica de Madrid lo define como el conjunto de los estados atmosféricos sobre una determinada región (referidos a una determinada época —pues el clima es variable en grandes periodos de tiempo— y considerando el promedio y las variaciones extremas a que el estado atmosférico se halla sujeto). De esta forma el clima está referido a un periodo suficientemente largo, teniendo en cuenta las variaciones periódicas y aperiódicas que se producen, y el desarrollo normal del tiempo meteorológico en el transcurso del año, en un lugar, región, continente, hemisferio o planeta.

Entre los elementos principales del clima se incluyen la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, el brillo solar, los vientos y la humedad, siendo los dos primeros los más importantes, ya que a partir de ellos se puede clasificar y zonificar el clima de una región determinada. Los otros componentes se presentan como atributos que permiten caracterizar las unidades así definidas. Ciertos factores del clima como pendiente, altitud, corrientes oceánicas, formas y orientación del relieve generan variaciones climáticas a nivel regional o local, en tanto que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima, así como su indicador (INEGI, 2008).

Elementos del clima

A continuación se presenta un análisis de la distribución espacial de las condiciones de precipitación y temperatura en el área de estudio, el cual se basa en la información disponible en el Atlas Climático Digital de México (ACDM), desarrollado por la Unidad de Informática de las Ciencias Atmosféricas y Ambientales del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM (Uniatmos), misma que se fundamenta en mediciones de diversas fuentes, principalmente del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua de México, así como en información de bases climáticas del National Climatic Data Center (NCDC), que fueron interpoladas considerando los efectos topográficos conforme a la base de Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). La información obtenida del ACDM se procesa y se presenta en mapas como valores de precipitación promedio mensual (mm) y de temperatura media mensual (°C) para el periodo comprendido entre los años 1950-2000.

Temperatura

La distribución espacial de la temperatura media anual para la región de estudio se muestra en la figura 10, en la cual se observa que predominan los rangos entre 24 y 28 °C.

y 18 a 24 °C, le siguen en importancia por extensión regional los rangos comprendidos entre 12-18 °C y 6-12 °C. En su distribución geográfica se aprecia una estrecha relación con la altitud, parámetro con el cual está asociado.

Figura 10. Temperatura promedio anual (°C)

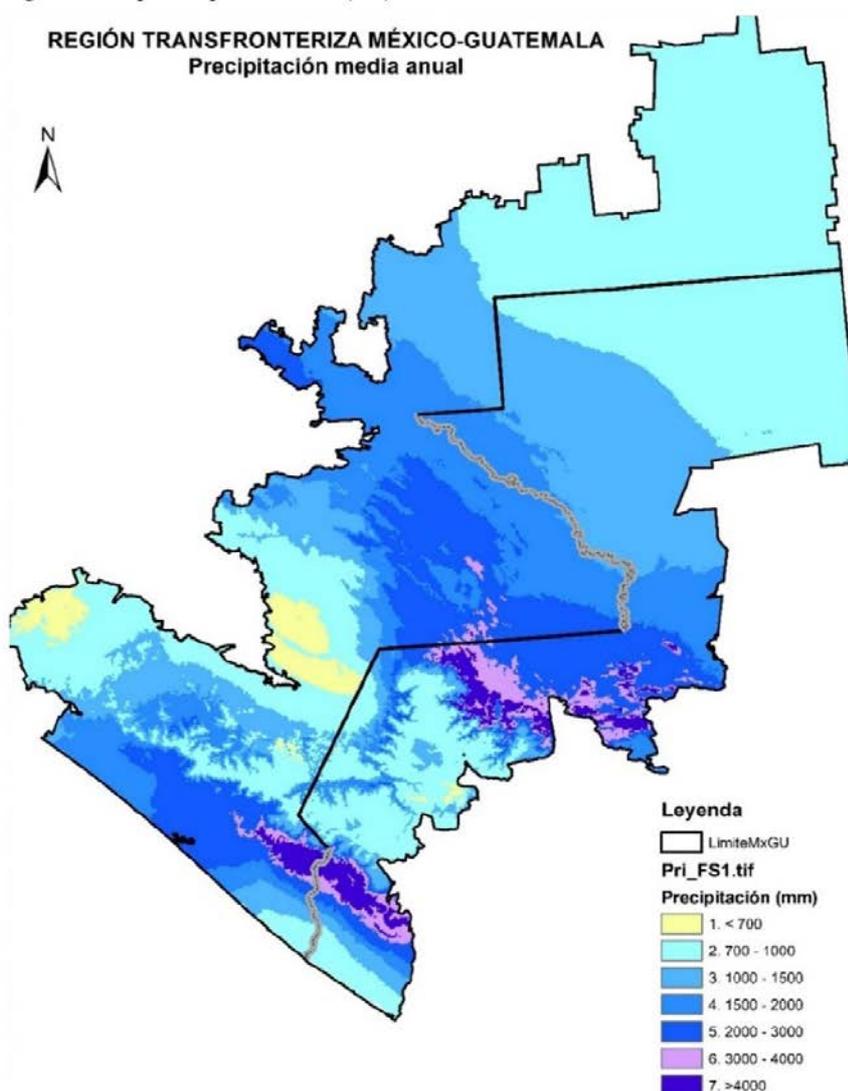


Fuente: Elaboración propia con datos de Uniatmos, UNAM (1950-2000).

Precipitación

La distribución espacial de la precipitación media anual para el área de estudio se muestra en la figura 11, la cual fluctúa entre los 700 mm y mayores a 4 000 mm, presentándose los menores valores en la región de la depresión central de Chiapas y en el sector noroeste (península de Yucatán) y otro sector en la costa pacífica; los mayores valores en el sector alto de la cuenca del Usumacinta y sobre el cordón volcánico del Pacífico, Sierra Madre de Chiapas y Guatemala.

Figura 11. Precipitación promedio anual (mm)



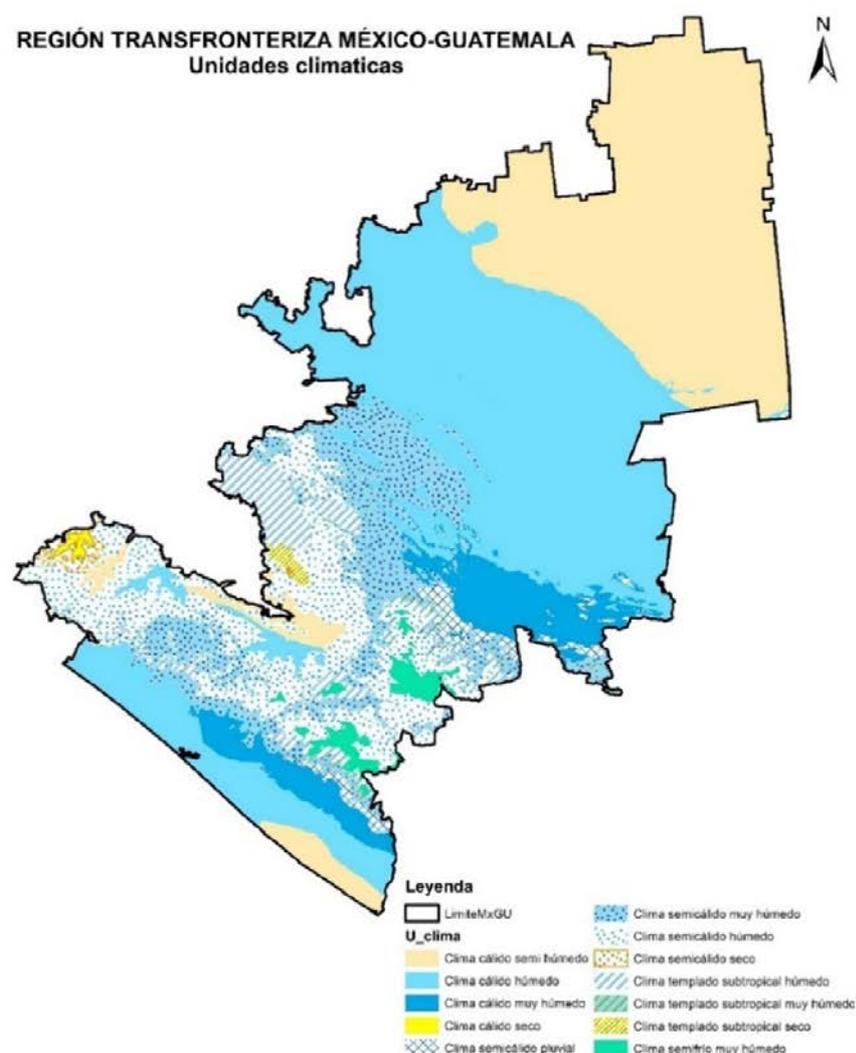
Fuente: Elaboración propia con datos de Uniatmos, UNAM (1950-2000).

Tipos de climas en la zona de estudio

Las clasificaciones climáticas agrupan características relacionadas con las condiciones atmosféricas más importantes para entender la distribución de los seres vivos y, por otro lado, la disponibilidad o limitación de los recursos naturales para el ser humano; se fundamentan principalmente en las diferentes combinaciones de los elementos y factores del clima, sobre todo en la temperatura y precipitación (Saavedra, López y Castellanos, 2016).

La caracterización y descripción de los tipos de clima en la zona de estudio aquí analizada se basa en una propuesta de clasificación climática elaborada por Saavedra y Castellanos (2013).[\[10\]](#) La distribución espacial de las unidades climáticas propuestas para la zona de estudio se presenta en la figura 12, que incluye las siguientes unidades climáticas: en las tierras bajas climas cálidos que van desde muy húmedos a semihúmedos, con pequeños sectores de cálido seco; en las tierras altas predomina el clima semicálido pluvial, muy húmedo y húmedo; completan el mosaico del clima en estas tierras algunos sectores con clima templado subtropical muy húmedo, húmedo y seco y en los relieves más elevados el semifrío muy húmedo.

Figura 12. Tipos de clima en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia con datos de Uniatmos, UNAM (1950-2000).

A continuación, se presenta una breve descripción de las características de las unidades climáticas en la zona de estudio, donde se incluye la correspondiente zona de vida según el sistema Holdridge.[11]

Clima cálido seco

Con precipitaciones de entre 700 y 1 000 mm anuales, temperaturas anuales mayores de 24 °C, y altitudes menores a 500 msnm; corresponde a la región tropical semiárido, provincia de humedad subhúmeda y a la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T). Se localiza en regiones de la provincia fisiográfica de la cordillera centroamericana del lado mexicano.

Clima cálido semihúmedo

Presenta una precipitación pluvial anual de entre 1 000 y 1 500 mm, una temperatura media anual mayor de 24 °C y altitudes menores a 500 msnm; pertenece a la provincia de humedad subhúmeda y a la zona de vida de bosque semihúmedo tropical (bsh-T). Dicha unidad climática se creó en esta propuesta para separar una gran región que de acuerdo con las zonas de vida se clasifican como bosque seco tropical, provincia de humedad, seca

(subhúmeda). Pertenece a las provincias fisiográficas de la península de Yucatán, la llanura del Pacífico, la cordillera centroamericana del lado mexicano y sectores de la depresión central de Chiapas.

Clima cálido húmedo

Con una precipitación de 1 500 a 3 000 mm anuales, temperatura media anual mayor a 24 °C y altitudes inferiores a 500 msnm; corresponde a la provincia de humedad húmeda y a la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T). Es de las más extensas en el área y se encuentra presente en todas las provincias fisiográficas.

Clima cálido muy húmedo

Con precipitaciones de entre 3 000 y 6 000 mm anuales, temperatura media anual mayor a 24 °C, y altitudes menores a 500 msnm; corresponde a la provincia de humedad, muy húmeda (perhúmeda), a la zona de vida de bosque muy húmedo tropical (bmh-T). Se ubica en las provincias de la Sierra Madre de Chiapas, cordillera centroamericana y llanura del Pacífico.

Clima semicálido seco

Presenta precipitaciones de entre 500 y 1 000 mm anuales, temperatura anual entre los 18 y 24 °C, y altitudes entre los 300 y 1 500 msnm; corresponde a la región templada subtropical, provincia de humedad, seca (subhúmeda) y a la zona de vida de bosque seco premontano (bs-PM). Está presente en la provincia fisiográfica de la cordillera centroamericana del lado mexicano.

Clima semicálido húmedo

Con precipitaciones de entre 1 000 y 2 000 mm anuales, temperatura anual entre los 18 y 24 °C, y altitudes entre los 300 y 1 500 msnm; corresponde a la región templada subtropical, provincia de humedad, húmeda y a la zona de vida de bosque húmedo premontano (bmh-PM). Se encuentra en las provincias de la Sierra Madre de Chiapas, cordillera centroamericana y sectores de la depresión central de Chiapas.

Clima semicálido muy húmedo

Presenta precipitaciones de entre 2 000 y 4 000 mm anuales, temperatura anual entre los 18 y 24 °C, y altitudes entre los 300 y 1 500 msnm; corresponde a la región templada subtropical, provincia de humedad, muy húmeda (perhúmeda) y a la zona de vida de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM). Corresponde a las provincias de la Sierra Madre de Chiapas y la cordillera centroamericana.

Clima semicálido pluvial

Con precipitaciones mayores de 4 000 mm anuales, temperatura media anual entre los 18 y 24 °C, y altitudes entre los 500 y 1 500 msnm; corresponde a la región templada subtropical, provincia de humedad, pluvial (superhúmeda) y a la zona de vida de bosque pluvial premontano (bp-PM). Se localiza en las provincias de la Sierra Madre de Chiapas particularmente del lado guatemalteco, y solo un pequeño sector del lado mexicano, formando un cordón en la cordillera centroamericana cercano y de forma paralela a la llanura del Pacífico.

Clima templado subtropical seco

Presenta precipitaciones de entre 500 y 1 000 mm anuales, temperatura media anual entre los 12 y 18 °C, y altitudes entre los 1 500 y 3 500 msnm; corresponde a la región templada subtropical, provincia de humedad, seca (subhúmeda) y a la zona de vida de bosque seco montano bajo (bs-MB). Se localiza en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas del lado mexicano.

Clima templado subtropical húmedo

Comprende precipitaciones de entre 1 000 y 2 000 mm anuales, temperatura media anual entre los 12 y 18 °C, y altitudes entre los 1 500 y 3 500 msnm; corresponde a la región templada subtropical, provincia de humedad, húmeda y a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB). Se ubican en sectores de las provincias de la Sierra Madre de Chiapas y la cordillera centroamericana.

Clima templado subtropical muy húmedo

Con precipitaciones de entre 2 000 y 4 000 mm anuales, temperatura media anual entre los 12 y 18 °C, y altitudes entre los 1 500 y 3 500 msnm; corresponde a la región templada subtropical, provincia de humedad, muy húmeda (perhúmeda) y a la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB). Se encuentran en sectores de las provincias de la Sierra Madre de Chiapas y la cordillera centroamericana.

Clima semifrío muy húmedo

Presenta precipitaciones de entre 1 000 y 2 000 mm anuales, temperatura media anual entre los 6 y 12 °C, y altitudes mayores a 3 500 msnm; corresponde a la región templada fría, provincia de humedad, muy húmeda (perhúmeda) y a la zona de vida de bosque muy húmedo montano (bmh-M). Es el clima que más domina en las regiones altas (de mayor altitud en msnm) del área de estudio, y se localiza particularmente del lado guatemalteco en las provincias fisiográficas de la cordillera centroamericana y la Sierra Madre de Chiapas. También están presentes y en áreas muy pequeñas y en las zonas más altas (altitud) del lado guatemalteco los climas semifrío pluvial, provincia de humedad superhúmeda y el frío húmedo, provincia de humedad, húmeda.

Clima frío húmedo

Presenta precipitaciones de entre 500 y 1 000 mm anuales, temperatura media anual entre los 3 y 6 °C, y altitudes entre 3 200 y 3 700 msnm; corresponde a la región templada fría, provincia de humedad, húmeda y a la zona de vida de bosque pluvial subalpino (bp-SA).

Geología/tipos de rocas



Material geológico. Rocas calizas en relieves montañosos disolucionales, vía Nuevo Huixtán a Guadalupe Tepeyac.

Las características geológicas regionales, los tipos de rocas y depósitos superficiales son esenciales en la formación del relieve, los suelos, y estos, a su vez, en la capacidad de uso, manejo y planeación de las tierras, de aquí la importancia de su descripción. Los aspectos geológicos que aquí se describen son de gran influencia en esta región tan propensa a los desastres naturales, que van desde los ocasionados por las condiciones geológicas, como terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, hasta aquellos ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos propios de un clima tropical; evidenciados en los diferentes siniestros que, desde tiempos pretéritos, y hoy en día, vienen ocurriendo debido a la gran actividad tectónica-neotectónica y volcánica que afecta algunas veces de manera catastrófica el territorio. Es así como a través de las distintas fuerzas y amenazas geológicas (tectónicas, sísmicas y vulcanológicas) en las diversas zonas del sureste de México y del norte de Guatemala (zonas del norte de Centroamérica)[\[12\]](#) se dan estas catástrofes naturales que afectan con frecuencia la población y el medio ambiente. De ahí la importancia de conocer los aspectos geológicos en la región para entender y conocer su peligrosidad, y así tenerlos en cuenta tanto en la construcción, prevención y atención de desastres, como en el análisis, la planeación, la ordenación y el desarrollo del territorio.

Desde el punto de vista geológico y geodinámico el sureste mexicano y los territorios septentrionales del Istmo de América Central son de las regiones más complejas en el globo. Desde los primeros estudios (Schucher, 1935; Sapper, 1937), citados por Dengo (1985) se han reconocido dos grandes segmentos o áreas con distintas historias tectónicas y estructuras geológicas confluyendo en la zona, a saber: el núcleo Centroamericano, que corre desde el sureste de México hasta el sur de Nicaragua, y el eslabón del Istmo, desde el sur de Nicaragua al noroeste de Colombia.[\[13\]](#) Según Morán *et al.* (2000, citado por Padilla y Sánchez, 2007), esta complejidad se debe a los movimientos de las placas tectónicas de Norte América, del Caribe y de Cocos, que convergen en esta región.

La geología y geomorfología de América Central está formada por una extensa y activa cadena montañosa de grandes volcanes jóvenes, algunos de ellos violentos. De acuerdo

con Rosales (2012), la cadena de volcanes tiene una extensión de casi 1 100 km, que va desde la frontera entre México y Guatemala hasta Costa Rica, y continúa de una manera dispersa hasta Panamá, siendo Guatemala el país con mayor número de volcanes, 288, según Bohnenberger (1978, citado por Rosales, 2012). Este paisaje montañoso conforma la denominada cadena volcánica del Pacífico del periodo Terciario, y su mayor expresión de vulcanismo explosivo fue durante las épocas del Eoceno-Oligoceno (de 46 ma [14] a 32 ma), (Sigurdsson *et al.*, 2000, citados por Álvarez-Gómez, (2015).

La parte norte de América Central, constituida por Guatemala, Belice, Honduras y el norte de Nicaragua, presenta una corteza tipo continental con rocas de la Era Paleozoica, de tipo metamórficas e ígneas-plutónicas (de mayor edad que el Paleozoico), que los investigadores han dividido en los bloques Maya y Chortis (figura 13). La región norte de la Cordillera Central de Guatemala está dominada por un cinturón plegado laramídico (orogenia pre-Mesozoica-Cretácico) que se extiende del sureste de México a través de Guatemala y el sur de Belice, cuyo basamento está tapado por una potente secuencia de rocas carbonatadas y clásticas del Paleozoico Superior y por una espesa secuencia de rocas carbonatadas y evaporitas, cuyas edades van del Cretácico Inferior al Paleógeno-Eoceno.

Figura 13. Esquema tectónico

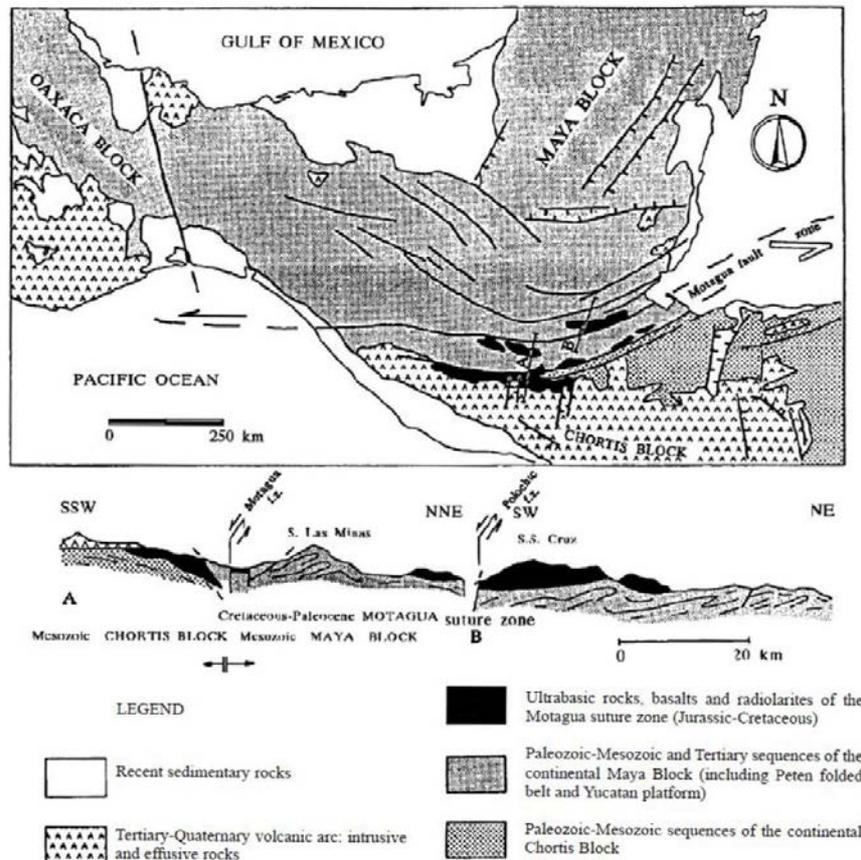


Fig. 2. Esquema tectónico de la zona de sutura de Motagua, Guatemala (modificado de Dengo, 1986 y del mapa geológico de la República de Guatemala).

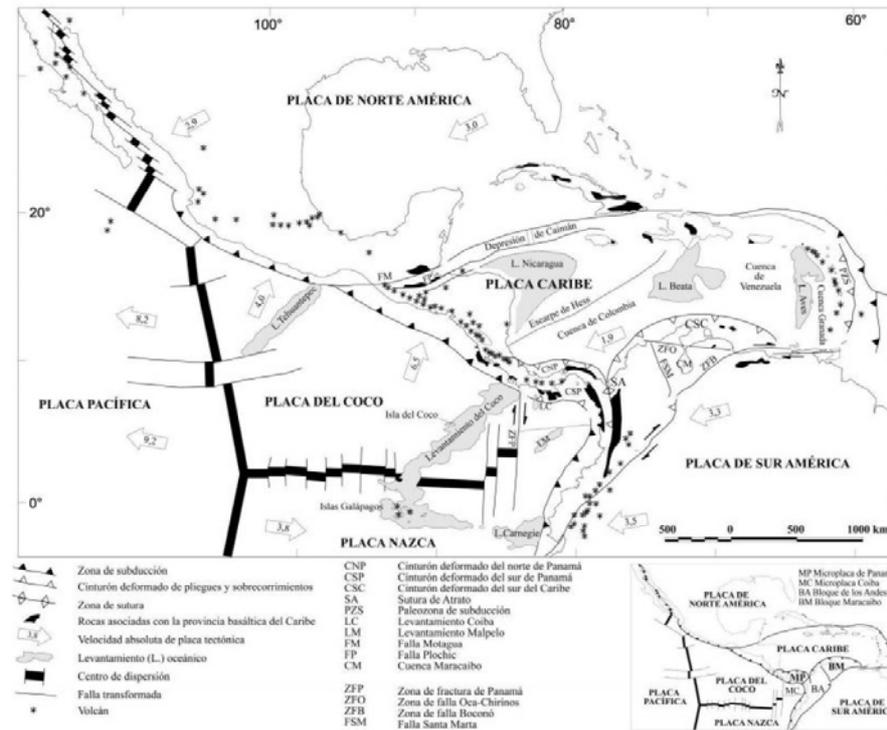
Fuente: Modificado de Dengo, 1985, y del mapa geológico de la República de Guatemala. Giunta *et al.*, 1996.

El bloque maya corresponde con el extremo sur de la placa de Norte América y el bloque Chortis constituido por un basamento metamórfico de edad incierta, cubierto por unos

bien datados materiales mesozoicos y cenozoicos (Dengo y Bohnenberger, 1969; Lallemand y Gordon, 1999, citados por Álvarez, 2004), y está sustentado por un basamento del Precámbrico al Paleozoico de la placa del Caribe (Bundschuh y Alvarado, 2007, citados por Denyer, 2012). Según Chiquín y Requena (2001), el bloque maya forma la parte continental del sur de la placa de Norte América y comprende la península de Yucatán, Belice, norte de Guatemala y sureste de México; y el bloque Chortís forma la parte oriental de la placa del Caribe, reagrupando el sur de Guatemala, Honduras, Salvador y un sector del norte de Nicaragua. Centroamérica,[\[15\]](#) y en particular Guatemala, está controlada tectónicamente por la interacción de estas placas; la placa de Norte América tiene un movimiento relativo hacia el oeste respecto a la del Caribe, mientras que la de Cocos se mueve hacia el noroeste en dirección hacia las dos primeras (figura 14). Los movimientos relativos entre estas placas establecen los principales rasgos topográficos (relieve) de la región y la presencia y distribución de los diferentes tipos de materiales, terremotos y volcanes. De acuerdo con Morán *et al.* (2000, citados por Padilla y Sánchez, 2007), las estructuras resultantes de esta actividad tectónica durante el Mesozoico y Cenozoico[\[16\]](#) presentan tendencias estructurales diversas, así como también edades de deformación diferentes. Por ejemplo, la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala está constituida por rocas sedimentarias clásticas (lutitas-areniscas) y carbonatadas (calizas) que varían en edad, desde el Jurásico tardío hasta el Paleógeno, mismas que fueron deformadas durante el Mioceno tardío, dando lugar a un conjunto de pliegues asimétricos, fracturamiento y fallamiento.

Durante el Terciario se inicia en gran parte de los estados de Chiapas y Tabasco en México la sedimentación terrígena marina, la cual es producto del levantamiento de la porción occidental de México y el plegamiento de la Sierra Madre Oriental, en tanto que en la península de Yucatán continuaba el depósito de carbonatos con la emersión paulatina de su parte central. Según Rosales (2012), durante el mismo periodo el noreste de Centroamérica fue escenario de un volcanismo continental extremadamente violento donde grandes masas de ignimbrita (rocas volcánicas-riolitas) fueron extruidas, y las montañas del noreste de Centroamérica conformaron un arco abierto hacia el norte, que se extienden de México, Guatemala, Honduras, y el noreste de Nicaragua hasta el Caribe.

Figura 14. Placas tectónicas



Fuente: Elaboración propia con datos de Case et al., 1994; Donnelly, 1994; Mann et al. 1990, y Meschede y Frisch, 1998, citados por Denyer, 2012.

De acuerdo con Viniegra, 1981, citado por Morán (1985), en la península de Yucatán y una buena parte del estado de Chiapas se instaure un gran banco calcáreo debido a la trasgresión marina de inicios del Cretácico, lo que da como resultado la sedimentación de carbonatos y anhidritas en estas regiones, así como el desarrollo de depósitos de talud en una franja que bordea el gran banco calcáreo. Esta franja se puede localizar en el subsuelo de la mitad de Tabasco, y en proporciones del noreste de Chiapas y la plataforma marina de Campeche.

Durante la segunda mitad del Cretácico y gran parte del Cenozoico la península de Yucatán y su plataforma marina constituyeron un banco calcáreo; su forma de alto fondo marino se extendía hasta Chiapas, el sur de Veracruz y las tierras bajas del Petén (al norte del departamento de Petén) en Guatemala y la región norte de Belice. Estas regiones son parte de la provincia fisiográfica denominada península de Yucatán y están constituidas por calizas y evaporitas del Cretácico y calizas del Terciario, las cuales conforman y caracterizan un paisaje cárstico.

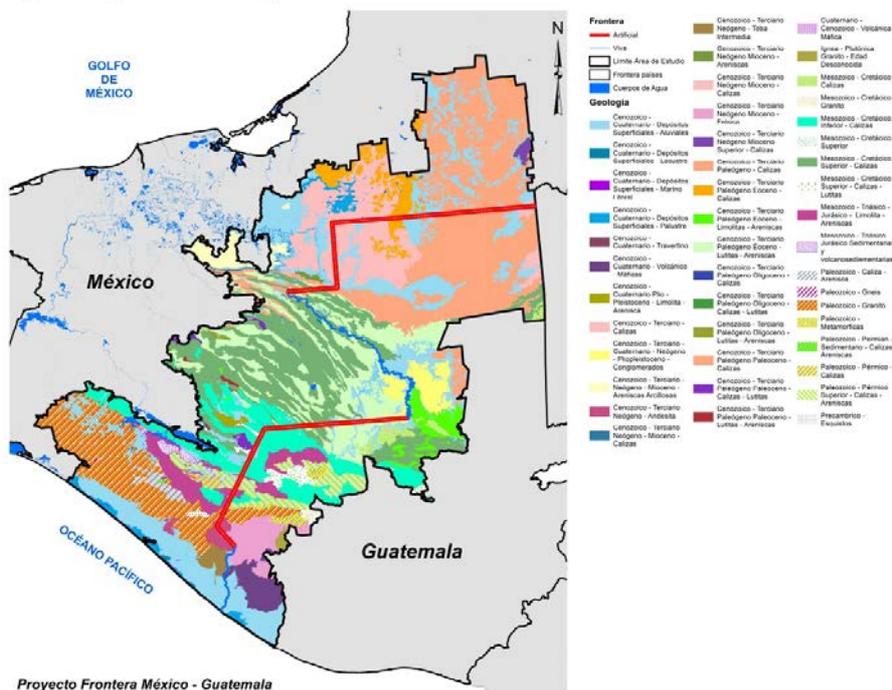
En la región que comprende principalmente los estados de Chiapas y Tabasco en México aflora una amplia secuencia del Cenozoico y Mesozoico, constituida en particular por rocas que se encuentran plegadas y falladas. Esta secuencia descansa sobre el basamento cristalino del Precámbrico y Paleozoico, que aflora al suroeste de la misma región (Chiapas y Oaxaca), en donde las rocas cristalinas de estas eras forman el complejo batolítico y metamórfico que constituye el núcleo de la sierra de Soconusco y en general de la provincia fisiográfica de la Cordillera Central. A continuación se describen las clases, los tipos de rocas y las formaciones superficiales presentes en el área de estudio. Se incluyen algunas aportaciones de información tomada en campo y realizadas por los autores sobre ciertos materiales geológicos presentes en ciertas regiones de México.

Clases-tipos de rocas/formaciones superficiales

La evolución geológica en la zona de estudio de la región transfronteriza ha permitido el levantamiento, plegamiento, fracturamiento, fallamiento y en otros casos y regiones el volcanismo y el metamorfismo de un conjunto de rocas; así como el desprendimiento, arrastre, transporte, sedimentación y acumulación de materiales no consolidados con edades que van desde el Precámbrico y Paleozoico-Pérmico hasta el Cuaternario-Holoceno (figura 15 y cuadro 5).

La intensa actividad volcánica y sísmica que caracteriza buena parte de esta región no solo es responsable de la formación de considerables cantidades de materiales volcánicos extrusivos (lavas, piroclastos-cenizas, pumitas), así como de fenómenos de remoción en masa, en particular en áreas montañosas con gran inestabilidad en sus laderas, con las consecuentes transformaciones del paisaje y los latentes y actuales daños que ocasionan. El área delimitada como región transfronteriza para este estudio está constituida por diferentes tipos de depósitos superficiales del cuaternario (coluviales, aluviales, fluvio-lacustres y marinos), localizados particularmente en la región costera del Pacífico, y en algunos sectores de la llanura aluvial, en el golfo de México, en los piedemontes coluvio-aluviales de la vertiente del Pacífico y en las áreas de los valles y vallecitos de los principales ríos que conforman toda la red fluvial.

Figura 15. Tipos de roca en la región transfronteriza México-Guatemala



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 1999; IGN, 2004.

Los principales materiales geológicos presentes en la región son las rocas sedimentarias de areniscas, conglomerados, limolitas/areniscas y lutitas/areniscas del Terciario (Neógeno-Plioceno-Pleistoceno, Mioceno; Paleógeno-Oligoceno, Eoceno, Paleoceno); las calizas del Terciario (Mioceno, Eoceno y Paleoceno) y las calizas del Cretácico superior e inferior y del Jurásico-Triásico. También están presentes las intercalaciones de rocas sedimentarias de limolitas/areniscas del Jurásico-Triásico; las calizas, calizas/areniscas, calizas/lutitas del Paleozoico; rocas ígneas volcánicas del Mesozoico y Cenozoico (basaltos,

diabasas, tobas del Terciario); rocas ígneas intrusivas o plutónicas del Cretácico (granitos, granodioritas, peridotitas con diferente grado de metamorfismo o serpentización del Cretácico y Paleozoico) y metamórficas (esquistos del Precámbrico, filitas, gneis y serpentina del Paleozoico, así como depósitos superficiales piroclásticos no consolidados (cenizas volcánicas).

La geología es un factor formador con una influencia directa en la evolución y las características del paisaje y de los suelos. También es importante en el análisis y la conformación de las distintas geoformas y unidades y ambientes morfogénicos del relieve que componen la fisiografía de la región.

Cuadro 5. Escala del tiempo geológico en las eras Cenozoico-Mesozoico-Paleozoico

| Era geológica | Periodo geológico | Serie/Época | Litología | |
|----------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Cenozoico | Cuaternario | HOLOCENO Depósitos superficiales lacustres y palustre Depósitos superficiales marino litoral Sedimentarias-travertino | Depósitos superficiales aluviales | |
| | | SE* | Volcánica-máficas | |
| | | Neógeno | Plio / Pleistoceno | Limolita-arenisca |
| | Conglomerados | | | |
| | Areniscas Arcillosas[17]/conglomerados | | | |
| | Calizas | | | |
| | Toba intermedia-se | | | |
| | Areniscas | | | |
| | Félsicas-se | | | |
| | Andesitas | | | |
| | Terciario | Oligoceno | Lutitas/areniscas | |
| | | | Calizas-lutitas | |
| | | | Calizas | |
| | | Paleógeno | Eoceno | Limolitas/areniscas |
| | | | | Lutitas/areniscas |
| Paleoceno | | | Calizas | |
| | | | Calizas-lutitas | |
| | | Lutitas/areniscas | | |
| | | Sin especificar-se Granito | | |

| | | | |
|-------------|-----------|--------------------------------------------------|---------------------|
| Mesozoico | Cretácico | Calizas/lutitas Calizas | Calizas |
| | | INFERIOR | Calizas |
| | | SE Sedimentarias SE | Limolitas/areniscas |
| Paleozoico | Pérmico | Superior | Calizas/areniscas |
| | Se | Granito Gneis Calizas Calizas/areniscas | Metamórficas se |
| Precámbrico | Se | | Esquistos |

*Sin especificar.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 1999; IGN, 2004.

A continuación se describen los aspectos generales del relieve, caracterizados principalmente por la pendiente y la altitud.

Relieve

El relieve constituye la expresión del estado presente de las relaciones, actuales y pasadas, entre las fuerzas internas y externas que rigen el modelado de los continentes (Coque, 1984). En la conformación del relieve intervienen diversos factores, procesos y fuerzas cuyas manifestaciones producen cambios en la disposición del material rocoso de la superficie de la corteza terrestre. Su estudio es un aspecto complejo que corresponde a la geomorfología, que es la ciencia que tiene como fundamento y propósito la descripción de las formas del relieve, su origen y evolución a través del tiempo, la definición y naturaleza de los materiales que componen las geoformas, y la clasificación de los paisajes con base en su morfología, edad, origen y composición.

Las fuerzas internas de la tierra, a través de un proceso complejo denominado en su conjunto como tectodinámica, son las responsables de los relieves iniciales. La tectodinámica produce la deformación de las rocas y la creación de relieves positivos o negativos a través de procesos endógenos, entre los cuales destacan la orogénesis, la fragmentación y deriva de continentes, la expansión de los fondos oceánicos a partir de rifts, el vulcanismo, la intrusión magmática y el metamorfismo de las rocas (Villota, 2005). Mediante ciertos procesos de degradación, los relieves iniciales evolucionan de manera lenta pero continua, como consecuencia de la acción de diversas fuerzas naturales (fuerzas de cambio) que utilizan tanto la energía solar como el calor interno de la tierra.

Los elementos naturales móviles determinados por las fuerzas de cambio se conocen como agentes geomorfológicos; los más importantes son el agua de lluvia y de escorrentía, las olas, las corrientes costeras y de marea, los glaciares y el viento. Estos agentes son responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan a la superficie terrestre, la moldean y construyen sus relieves finales (Villota, 2005). Visto de otra manera, estos procesos se pueden agrupar en dos grandes categorías: denudacionales y agradacionales. Los primeros procesos se refieren a la meteorización de

los cuerpos rocosos continentales expuestos al desgaste del regolito (roca meteorizada), resultantes de la acción combinada de los agentes y los procesos geomorfológicos, con el consecuente remodelado y la paulatina disminución de la superficie terrestre.

“Los procesos de agradación y sus geformas correspondientes comprenden una serie de procesos geomorfológicos constructivos determinados tanto por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles (agua de escorrentía, corrientes de deriva continental, glaciares, corrientes de marea, el viento...), que tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la deposición de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves más elevados, ocasionada por ellos mismos” (Villota, 1992: 135, y 2005: 121).

En este apartado se caracteriza el relieve del área de estudio con referencia a dos aspectos: el gradiente o ángulo de inclinación (la pendiente) y la altitud, los cuales son atributos primarios del terreno que se calculan directamente del modelo digital de elevación. El cálculo de la pendiente se obtuvo a partir del continuo de elevaciones de México 3.0 (CEM 3.0), con un tamaño de pixel de 30 m (INEGI, 2013). El mapa de pendientes así calculado en porcentaje se reclasificó de acuerdo con el cuadro 6.

Altitud

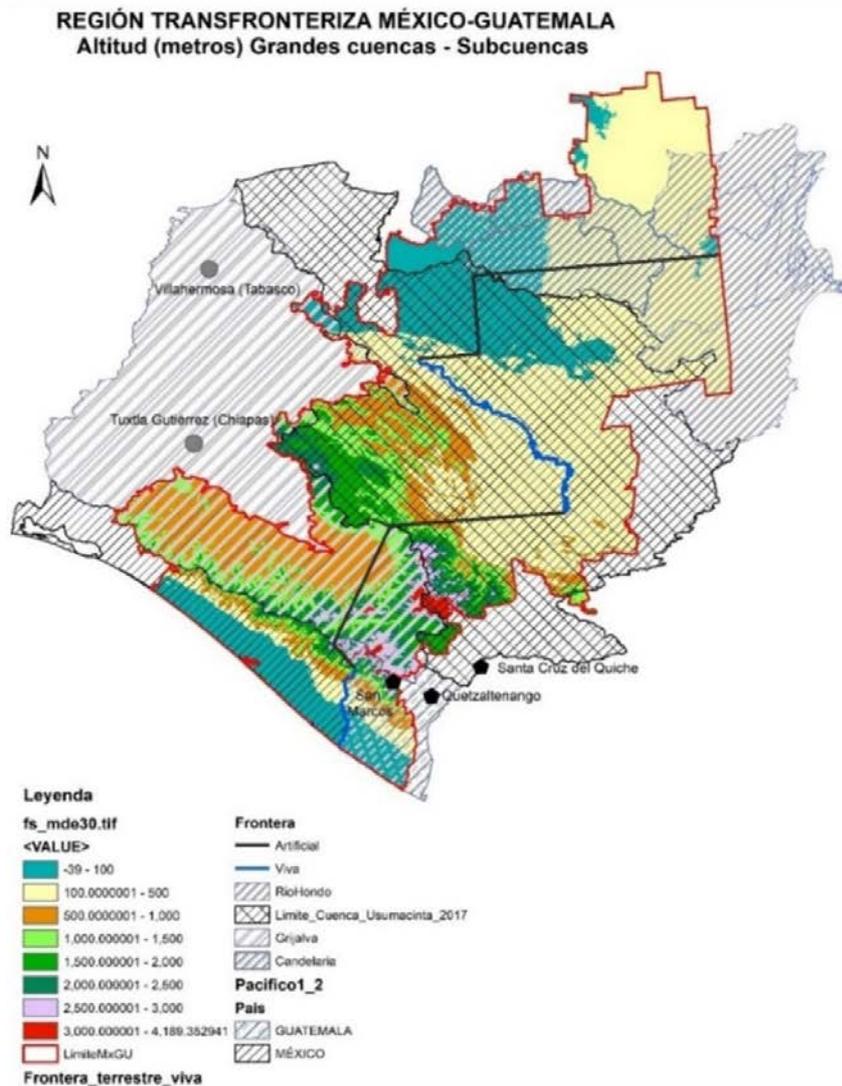
La altitud es un elemento importante por su influencia en el clima y en la cobertura vegetal y el uso de las tierras; es la base para la estimación de la altura relativa (altura con respecto a su nivel de base) que presentan los distintos paisajes. En la figura 16 se muestra el mapa en rangos que representa la distribución espacial de la altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm).

CUADRO 6. Rangos de pendiente y relieves [\[18\]](#)

| Pendiente (%) | Relieve |
|----------------------|----------------------------------|
| 0-3 | Plano-ligeramente plano |
| 3-7 | Ligeramente inclinado/ondulado |
| 7-12 | Moderadamente inclinado/ondulado |
| 12-25 | Fuertemente inclinado/ondulado |
| 25-50 | Ligeramente escarpado |
| 50-75 | Moderadamente escarpado |
| > 75 | Fuertemente escarpado |

Fuente: IGAC, 2002.

Figura 16. Mapa de altitud (msnm)



Fuente: Elaboración propia. Modelo de Elevación Digital, resolución 15 m, 2003.

La mayor parte del área de análisis corresponde a tierras bajas con altitudes menores a 500 msnm, que comprenden los sectores medio bajo de la gran cuenca del río Usumacinta, las subcuencas de los ríos Candelaria y Hondo y la mayor parte de la vertiente pacífica. El resto del área, aproximadamente una tercera parte, presenta alturas que fluctúan entre los 1 000 y 4 000 msnm. Las mayores alturas se encuentran en el sector de Guatemala y corresponden en gran medida a los sectores altos de las cuencas Grijalva y Usumacinta y un sector de la parte alta de las cuencas que drenan hacia la vertiente del Pacífico.

Pendiente

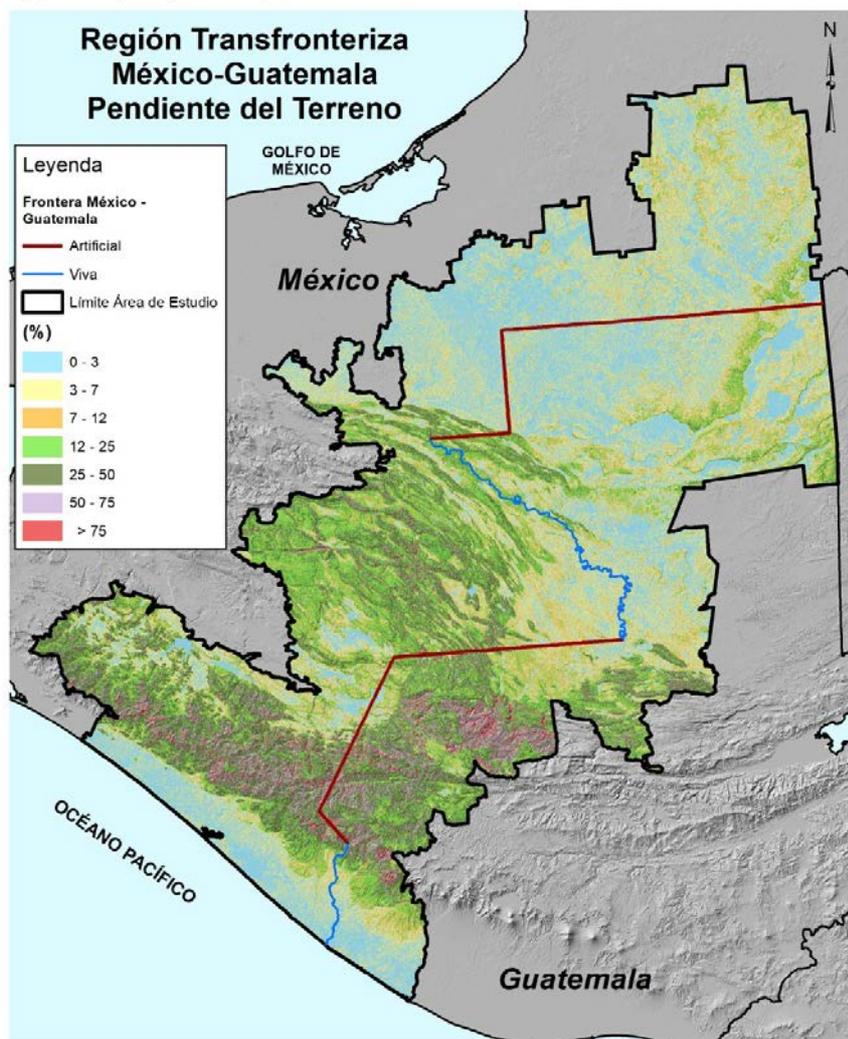
El gradiente o el ángulo de inclinación siempre ha sido un atributo topográfico importante y ampliamente usado. Muchos sistemas de clasificación de aptitud de la tierra lo consideran como elemento primario para describir las clases, junto con otros factores tales como la profundidad, el drenaje y la fertilidad del suelo. El contenido del agua en el suelo se relaciona con la pendiente, la orientación y el área específica de la cuenca (Moore *et al.*, 1991), y con la pendiente y la curvatura plana (Burt y Butcher, 1986, citados por Moore *et al.*, 1991). La dimensionalidad del gradiente y la ruta de flujo (inclinación y longitud de la

pendiente) se incluyen como parámetros en la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE, por sus siglas en inglés), que es la base para cuantificar la erosión hídrica laminar y en surcos (Moore *et al.*, 1991).

De acuerdo con Van Zuidam (1986), los mapas de morfoconservación hacen énfasis en la clasificación de la pendiente (inclinación y estabilidad). Según este autor, la inclinación de la pendiente es frecuentemente usada como atributo importante para el tipo y la tasa de erosión, y los movimientos en masa. El autor sugiere dividir la inclinación de la pendiente en seis clases, las cuales están relacionadas con procesos geomorfológicos característicos y condiciones del terreno. Finalmente, la pendiente es un elemento esencial en la metodología llevada a cabo en el análisis fisiográfico para el establecimiento de las unidades de paisaje.

En el mapa de la figura 17 se muestra la distribución de las pendientes en el área de análisis; se puede observar que hay una gran coincidencia con el mapa de altitud; así, las áreas con altitudes menores a 500 msnm, presentan en general pendientes entre 0-3 y 3-7%, y pequeños sectores con pendientes de 12 a 25%. Las áreas con altitudes mayores a 1 000 msnm presentan pendientes predominantes de 12-25 y 25-50%, y pequeños sectores con pendientes de 50-75% y mayores a 75 por ciento.

Figura 17. Mapa de pendientes (%)



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2013. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0).

A continuación se presenta el análisis de la clasificación fisiográfica implementada para la

región de la selva maya, como marco contextual regional y base para el análisis de la región transfronteriza México-Guatemala.

Fisiografía



Gran paisaje fisiográfico. Llanura aluvial del río Zendaes (Montes Azules).

La fisiografía es la descripción y clasificación de las formas del relieve de la naturaleza, se relaciona con aspectos geológicos, climáticos, geomorfológicos e hidrológicos. Según Villota (2005), es la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litosfera, en conjunto con el estudio de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera. De acuerdo con el mismo autor, desde un enfoque aplicado, la fisiografía incluye el estudio, la clasificación y la descripción de las geoformas del terreno, por lo tanto hace referencia a la interacción de aspectos como clima, geología, origen y edad de los materiales rocosos, geomorfología, hidrografía e indirectamente aspectos bióticos (incluye la actividad antrópica), en la medida en que estos inciden en el origen, la conservación de los suelos y en la aptitud y el uso y manejo de los mismos. De esta manera, a partir del análisis y la clasificación fisiográfica, se integran y relacionan los elementos que constituyen el sistema natural, para posteriormente analizar los demás procesos en los que interviene e interactúa el hombre sobre el medio natural.

La importancia de la fisiografía radica en integrar la relación existente entre las geoformas, la geología/litología/formaciones superficiales (que constituyen el material parental de los suelos), el clima y el relieve, los cuales inciden no solo en los procesos y factores de formación y evolución de los suelos, sino también en el grado y tipo de riesgo natural a que puede estar sujeto un paisaje, determinando la clase de cobertura vegetal, condicionando el uso de las tierras, su conservación, aprovechamiento agropecuario, forestal y ubicación de asentamientos humanos e infraestructura, entre otros (Saavedra y López, 2019).

La fisiografía se debe ver y entender como un componente básico y estratégico de

diagnóstico y conocimiento del medio biofísico para el estudio, manejo y la conservación de los recursos naturales, la planeación y el ordenamiento del territorio. En este sentido, se realizó el análisis fisiográfico del área de estudio (a nivel de gran paisaje) que permite conformar, explicar y espacializar las distintas formas del relieve, teniendo en cuenta su origen, forma, su edad relativa, y en general al conocer algunos de los procesos y fuerzas endógenas y exógenas que actual o potencialmente intervienen en ellos.

En esta sección se describe la fisiografía (a nivel de gran paisaje) de la región transfronteriza, mismas que se delimitaron de acuerdo con la metodología del análisis fisiográfico.[\[19\]](#)

Clasificación fisiográfica de la región transfronteriza México-Guatemala

El análisis y la clasificación fisiográfica de la región se inició con el establecimiento de un área de contexto regional transfronteriza (sureste de México, Guatemala y Belice) y representativa de las condiciones ambientales, que enmarca ampliamente el área y se extiende a los países que forman parte de ella. Con base en estas premisas se delimitó el área denominada región maya (RM), en la cual se implementó el análisis fisiográfico a nivel de gran paisaje.

El análisis y la clasificación fisiográfica en su contexto regional (RM) permite en este estudio la integración de los distintos elementos fisiográficos que constituyen el sistema natural de la región transfronteriza México-Guatemala. Se realizó mediante un método de clasificación sistemático, que se caracteriza por establecer una jerarquización integrada de aspectos como el relieve, las formaciones geológicas, los depósitos superficiales y el clima (Saavedra y López, 2015).

La descripción del relieve de la región transfronteriza contiene las distintas categorías (geoestructuras, provincias fisiográficas, unidad climática y gran paisaje) que comprenden las unidades fisiográficas, siguiendo el orden jerárquico establecido en la metodología utilizada. A continuación se presentan las características de las unidades fisiográficas representadas en mapas individuales con su respectiva leyenda. Las unidades fisiográficas delimitadas en el contexto regional corresponden a las geoestructuras como la categoría superior, y un escalón abajo en la estructura piramidal a las provincias fisiográficas, seguidas de las unidades climáticas y finalmente los grandes paisajes fisiográficos.

Geoestructura o estructuras geológicas

La región transfronteriza se encuentra incluida en dos geoestructuras continentales: 1) gran cuenca de sedimentación, la cual incluye las regiones del golfo de México, costa del mar Caribe y costa del Pacífico, y 2) la cordillera de Plegamiento (figura 18). A través del análisis de la historia geológica regional y la configuración general de los relieves (a nivel continental), esta unidad permite conformar los elementos fundamentales para definir y delimitar las geoestructuras, que son el marco general del análisis fisiográfico. Posteriormente, con base en información geomorfológica, geológica, fisiográfica y considerando la extensión y magnitud de las unidades, se definen y delimitan las provincias fisiográficas.

Figura 18. Geoestructuras en la región maya



Fuente: Elaboración propia con datos de Saavedra y Castellanos, 2013; Saavedra, López y Castellanos, 2016.

Provincias fisiográficas

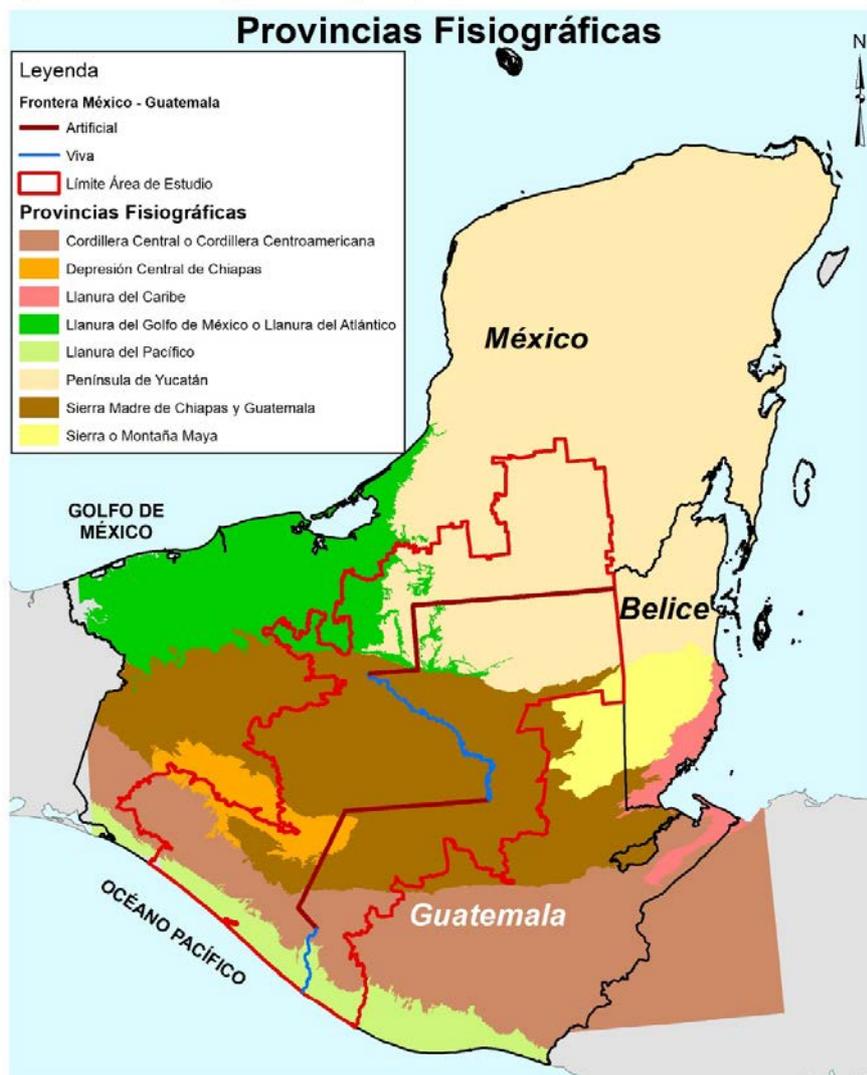
Es la primera categoría del sistema de clasificación y comprende la región natural, la cual puede contener una o más unidades climáticas, y por grupos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico, topográfico y espacial. Las provincias fisiográficas presentes en la región transfronteriza incluyen sectores de las regiones naturales: 1) llanura del golfo de México, 2) península de Yucatán, 3) Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, 4) Sierra o Montaña Maya, 5) depresión central de Chiapas, 6) Cordillera Central o centroamericana y 7) llanura del Pacífico (Saavedra y Castellanos, 2013). De las provincias fisiográficas presentes en la región, solo una no se describe, la Sierra Maya, que comprende un pequeño sector donde confluye el límite político-administrativo de México, Guatemala y Belice. En la figura 19 se muestra el mapa correspondiente a las provincias fisiográficas que conforman el área considerada en este estudio.

Sierra Madre de Chiapas y Guatemala

Esta provincia fisiográfica representa relieves que pertenecen a un conjunto de montañas

de formas abruptas, originadas por el plegamiento, fracturamiento y fallamiento de la corteza terrestre producto del choque de placas tectónicas y la orogénesis propia que dio origen a esta región; completan el paisaje varios sistemas intramontanos de colinas, lomeríos y valles. El relieve (montañas, altiplanicie, lomeríos y colinas) de esta región en su mayor parte corresponde a ambientes morfogénéticos disolucionales y estructurales, que están constituidos por rocas sedimentarias carbonatadas (calizas, calizas/lutitas) y sedimentarias clásticas limo-arcillosas, arenosas y conglomeráticas (lutitas/areniscas, limolitas/areniscas, arenisca arcillosa) y conglomerados desarrolladas durante los periodos Terciario y Cretácico, los cuales han sido moldeados tanto por procesos estructurales y disolucionales, como por procesos erosivos o denudativos desde su formación hasta la época actual; los relieves deposicionales (valles y vallecitos aluviales) están constituidos por depósitos superficiales clásticos del Cuaternario.

Figura 19. Provincias fisiográficas en la región maya



Fuente: Elaboración propia con datos de Saavedra y Castellanos, 2013; Saavedra, López y Castellanos, 2016.

Cordillera Central o centroamericana

La cordillera centroamericana pertenece a una extensa cadena montañosa, conformada por relieves erosionales de crestas ramificadas, constituidos por rocas ígneas plutónicas o intrusivas, principalmente granito del Mesozoico y Paleozoico, y algunos sectores por rocas metamórficas (esquistos del Precámbrico). También está presente un relieve

volcánico que constituye una cadena montañosa casi continua de grandes volcanes jóvenes que inicia en los límites entre México y Guatemala, pero que se extiende casi de manera continua hasta Panamá. Este relieve está conformado por estratovolcanes, volcanes, conos volcánicos y coladas de lava, de rocas ígneas extrusivas de andesita, diabasas e ignimbritas (riolitas) del Terciario (Neógeno-Mioceno), y materiales piroclásticos (cenizas) y consolidados de tobas (pumita). Complementan el relieve de esta provincia sistemas de colinas, lomeríos y valles intramontanos.

Península de Yucatán

Esta provincia fisiográfica pertenece a la región natural del mismo nombre e incluye el Petén (Guatemala); se caracteriza por presentar valles erosionales, relieves colinados, lomeríos y superficies alomadas disolucionales; no tiene deformaciones significativas y está conformada por estratos que conservan una relativa condición horizontal. La mayor parte de esta provincia localizada en el área de estudio se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias carbonatadas correspondientes a calizas del Terciario (Paleógeno-Paleoceno-Eoceno), y en algunos sectores del Mesozoico periodo Cretácico, mismas que conforman y caracterizan en su conjunto un paisaje cárstico.

Llanura del golfo de México

La llanura del golfo de México pertenece a una extensa planicie cuya topografía presenta poco desnivel (altura relativa); corresponde en su mayor parte a una llanura aluvial de desborde, con influencias lacustre y marina, constituida por depósitos aluviales, lacustres y marinos del Cuaternario. Esta área está sujeta a inundaciones frecuentes y regulares asociadas a la dinámica aluvial de la gran cuenca Grijalva-Usumacinta que comparte México y Guatemala, la cual vierte sus aguas al golfo de México. Completan el paisaje un relieve colinado o lomerío erosional.

Llanura del Pacífico

Esta provincia fisiográfica está conformada en su mayor parte por una amplia llanura aluvial de piedemonte.[\[20\]](#) También pertenece a esta provincia un sector que corresponde a una llanura marina, con altitudes menores a 5 m, un relieve plano cóncavo y pendientes menores a 3%. Esta unidad, en México, forma parte de la denominada costa de Chiapas, y en Guatemala una porción de la vertiente del Pacífico. Litológicamente está constituida por depósitos superficiales aluviales (llanura de piedemonte) y depósito marino litoral del Cuaternario (llanura marina).

Depresión Central de Chiapas

Corresponde a un área o terreno deprimido relativamente amplio de relieves planos a ligeramente planos e inclinados que se encuentra más bajo que los terrenos o relieves que lo rodean, en este caso circunscrita por las provincias fisiográficas de la Sierra Madre de Chiapas y la Cordillera Central o centroamericana. Se caracteriza por presentar grandes paisajes de altiplanicie y superficies alomadas en su mayoría estructurales y disolucionales, constituidas por rocas sedimentarias carbonatadas (calizas, calizas/lutitas) y rocas sedimentarias clásticas limo-arcillosas (lutitas/areniscas y limolitas/areniscas) desarrolladas durante los periodos Terciario y Cretácico, las cuales han sido desarrolladas por procesos estructurales denudacionales, disolucionales y erosivos; también se

presentan relieves depositacionales que conforman los valles y vallecitos aluviales constituidos por depósitos superficiales clásticos del Cuaternario.

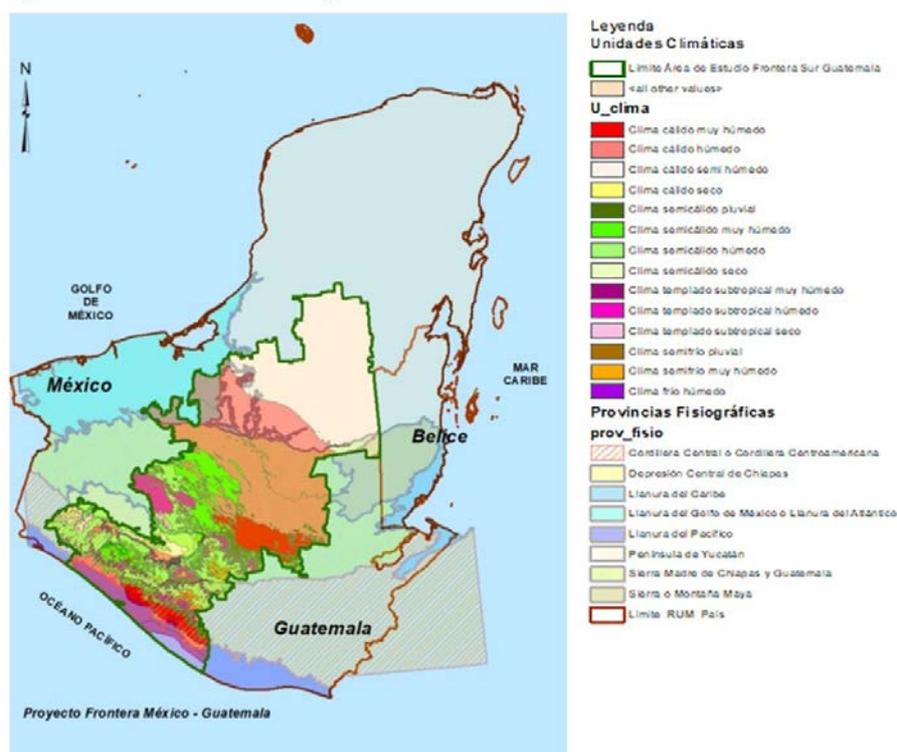
Unidad climática

La unidad climática representa la división de la provincia fisiográfica, y comprende aquellas tierras cuya temperatura promedio anual y humedad disponibles son lo bastante homogéneas como para manifestarse en la génesis específica de los suelos, de la cobertura vegetal y uso de la tierra. Cada unidad climática puede contener uno o varios grandes paisajes. En la región transfronteriza México-Guatemala se presentan las siguientes unidades climáticas (figura 20) que caracterizan las provincias fisiográficas de la región.

En la parte noreste del área de estudio, correspondiente a la provincia fisiográfica de la península de Yucatán, dominan las unidades climáticas cálido semihúmedo y húmedo; en la llanura del golfo de México el clima cálido húmedo; la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, localizada en el sector central del área de estudio, presenta gran variedad de climas que van desde el cálido húmedo y muy húmedo, pasando por el semicálido seco, húmedo, muy húmedo y pluvial, hasta las partes altitudinalmente más elevadas con climas templado subtropical seco, húmedo y muy húmedo; y otros sectores con semifrío muy húmedo. La depresión central de Chiapas se localiza al suroeste entre la Cordillera Central o centroamericana y la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, principalmente con climas cálido seco, cálido semihúmedo, semicálido seco, semihúmedo y muy húmedo; templado subtropical seco y semifrío muy húmedo. Al suroeste se encuentran las provincias fisiográficas de la Cordillera Central o centroamericana y la llanura del Pacífico, la primera con climas que van desde cálido seco, semihúmedo, húmedo y muy húmedo; pasando por los semicálido seco, húmedo, muy húmedo y pluvial, hasta los templados subtropical húmedo y muy húmedo y los semifríos húmedos, muy húmedos y pluviales; y la llanura del Pacífico con climas cálido húmedo y muy húmedo.

En el cuadro 7 se listan las regiones climáticas con las respectivas unidades climáticas, las provincias de humedad y los atributos (precipitación, temperatura y altitud) del clima que las caracterizan. En general el área de estudio se localiza en cinco regiones climáticas conformadas en 1) tierras bajas cálidas, en clima cálido seco del bosque seco tropical, cálido semihúmedo del bosque semihúmedo tropical, cálido húmedo del bosque húmedo tropical y cálido muy húmedo del bosque muy húmedo tropical; 2) tierras medias templadas, en clima semicálido seco del bosque seco premontano, semicálido húmedo del bosque muy húmedo premontano, semicálido muy húmedo del bosque muy húmedo premontano, semicálido pluvial del bosque pluvial premontano; 3) tierras altas templadas, en clima templado subtropical seco del bosque seco montano bajo, templado subtropical húmedo del bosque húmedo montano bajo y templado subtropical muy húmedo del bosque muy húmedo montano bajo; 4) tierras altas semifrías de clima semifrío muy húmedo del bosque muy húmedo montano y semifrío pluvial del bosque pluvial montano; y 4) las tierras altas frías de clima frío húmedo de alta montaña del páramo subalpino.

Figura 20. Unidades climáticas en la región transfronteriza



Fuente: Elaboración propia con datos de Uniatmos UNAM, (1950-2000); Saavedra y Castellanos, 2013. Saavedra, López y Castellanos, 2016.

Cuadro 7. Características de las unidades climáticas propuestas para la región transfronteriza

| Región climática | Unidad climática | Provincia de humedad | Zona de vida | Atributos del clima [21] |
|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|
| Tierras bajas cálidas | Cálido seco | Tropical seca | Bosque seco tropical | PPT 700 mm-1 000 mm TmA °C > 24 0-500 msnm |
| | Cálido semihúmedo | Tropical subhúmeda | Bosque semihúmedo tropical | PPT 1 000 mm-1 500 mm TmA °C > 24 0-500 msnm |
| | Cálido húmedo | Tropical húmeda | Bosque húmedo tropical | PPT 1 500 mm a 3 000 mm TmA °C >24 0-500 msnm |
| | Cálido muy húmedo | Tropical muy húmeda (perhúmeda) | Bosque muy húmedo tropical | PPT 3 000 mm a 6 000 mm TmA °C >24 100-1000 msnm |
| | Semi cálido seco | Templada subtropical seca (subhúmeda) | Bosque seco premontano | PPT 500 mm a 1 000 mm TmA °C 18-24 500-1 000 msnm |
| | | Templada | Bosque húmedo | PPT 1 000 mm a 2 000 mm |

| | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Tierras medias templadas | Semi cálido húmedo | Templada subtropical húmeda | Bosque premontano | TmA °C 18-24 500-1 000 msnm |
| | Semicálido muy húmedo | Templada subtropical muy húmeda (perhúmeda) | Bosque muy húmedo premontano | PPT 2 000 mm a 4 000 mm TmA °C 18-24 300-1 500 msnm |
| | Semicálido pluvial | Templada subtropical pluvial (superhúmeda) | Bosque pluvial premontano | PPT mayor a 4 000 mm TmA °C 18-24 300-1 500 msnm |
| Tierras altas templadas | Templado subtropical seco | Templada subtropical seca (subhúmeda) | Bosque seco montano bajo | PPT 500 mm-1 000 mm TmA °C 12-18 1 500-2 500 msnm |
| | Templado subtropical húmedo | Templada subtropical húmeda | Bosque húmedo montano bajo | PPT 1 000-2 000 mm. TmA °C 12-18 1 500-2 500 msnm |
| | Templado subtropical muy húmedo | Templada subtropical muy húmeda (perhúmedo) | Bosque muy húmedo montano bajo | PPT 2 000 a 4 000 mm. TmA °C 12-18 1 500-2 500 msnm |
| Tierras altas semifrías | Semifrío muy húmedo | Templada fría muy húmeda (perhúmeda) | Bosque muy húmedo montano | PPT 1 000 a 2 000 mm. TmA °C 6-12 2 500-3 200 msnm |
| | Semifrío pluvial | Templada fría pluvial (superhúmeda) | Bosque pluvial montano | PPT 2 000 a 4 000 mm. TmA °C 6-12 2 500-3 200 msnm |
| Tierras altas frías | Frío húmedo de alta montaña | Fría húmeda | Páramo subalpino | PPT 1 000 a 2 000 mm. TmA °C 3-6 3 200 - 2 200 msnm |

PPT: Precipitación media anual; TmA: Temperatura media anual; msnm: metros sobre el nivel del mar; mm: milímetros.

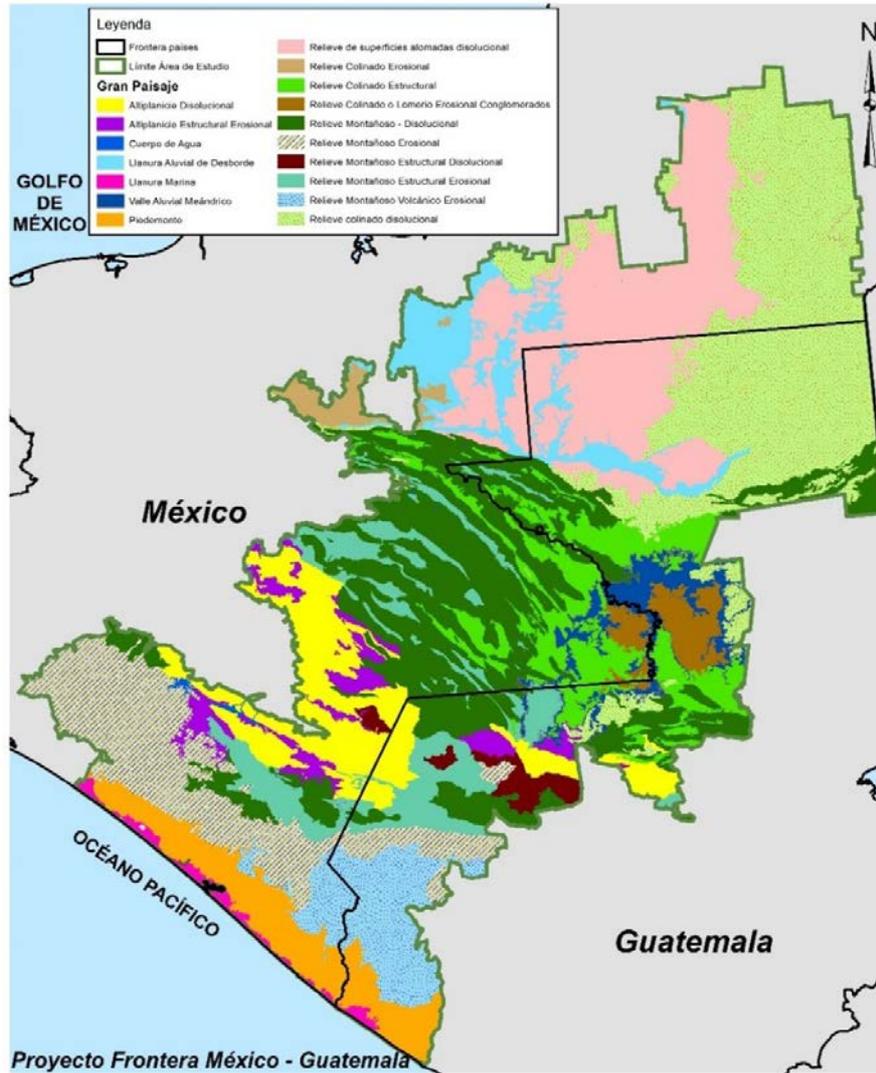
Fuente: Saavedra y Castellanos, 2013; Saavedra, López y Castellanos, 2016.

Grandes paisajes

De acuerdo con la metodología implementada, que considera cinco categorías, para este estudio solo se contempla hasta la tercera (gran paisaje). Esta categoría corresponde en términos geomorfológicos a la unidad genética de relieve (figura 21) y comprende

unidades con relaciones de afinidad de tipo geogenético, litológico y topográfico.

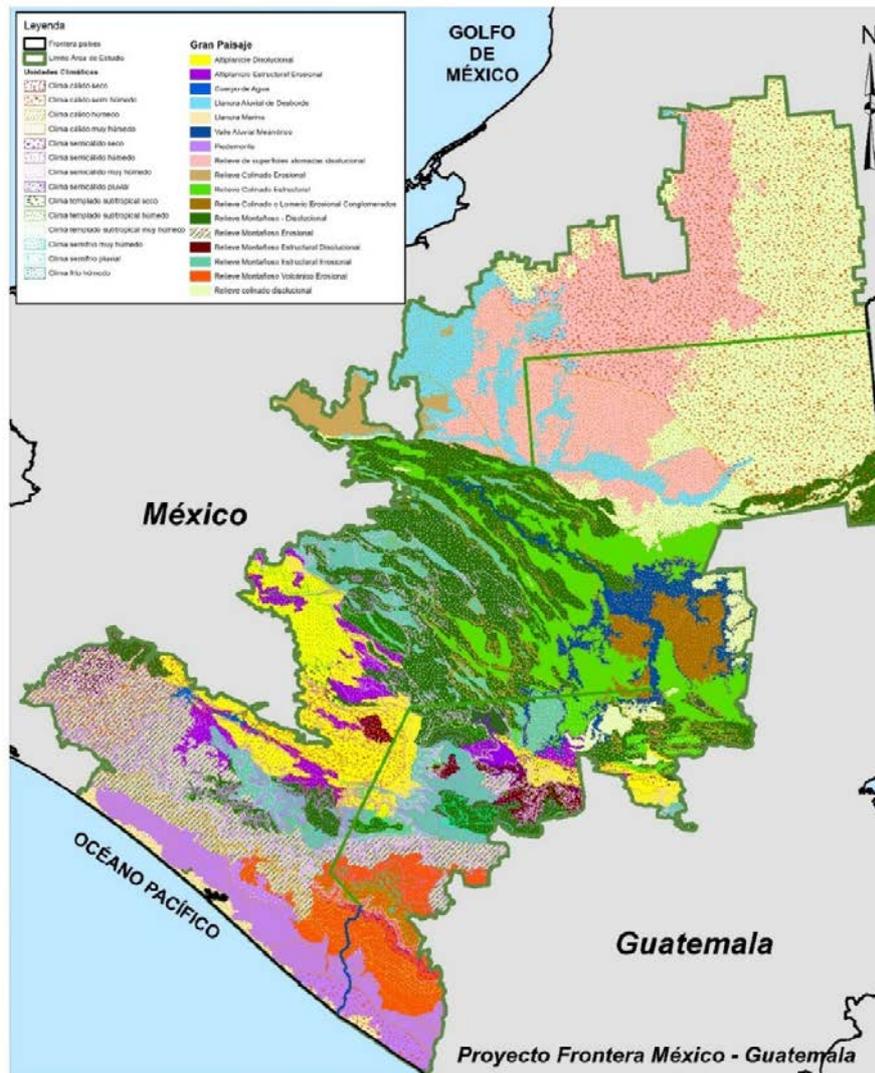
Figura 21. Unidades genéticas de relieve



Fuente: Elaboración propia con datos de Saavedra y Castellanos, 2013; Saavedra, López y Castellanos, 2016.

Los grandes paisajes (figura 22) que a continuación se describen son unidades que presentan cierta afinidad de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico. Con respecto a los paisajes (subdivisión de los grandes paisajes), solamente se mencionan como componentes de dichas unidades.

Figura 22. Grandes paisajes fisiográficos



Fuente: Elaboración propia con datos de Saavedra y Castellanos, 2013; Saavedra, López y Castellanos, 2016.

Valle aluvial de río meándrico-agradacional

La unidad la conforman los valles aluviales asociados a los ríos con características meándricas que surcan el sistema de colinas, principalmente, y el montañoso de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala; salen del sistema montañosos y entran surcando y atravesando las áreas de los relieves colinados estructurales (cuestas medias y bajas) y el relieve colinado o lomerío erosional (lomas bajas y medias). Esta unidad se encuentra entre los 100 y 300 msnm, en la región climática denominada tierras bajas cálidas, de clima cálido húmedo y cálido muy húmedo (Saavedra y Castellanos, 2013).

Están constituidos por depósitos aluviales recientes del Cuaternario, y corresponden a materiales transportados principalmente por los ríos Lacantún, Salinas, La Pasión, Chixoy o Negro e Ixcán, afluentes del Usumacinta. En varios sectores los ríos permiten desarrollar paisajes de orillares y planos de inundación propios de un río meándrico, conformando curvaturas y sinuosidades, conocidos como meandros (activos y abandonados), y están sujetos a inundaciones frecuentes y periódicas.

Llanura aluvial de desborde-agradacional

Esta unidad en el área de estudio se localiza entre los dos y 50 msnm, en clima cálido

húmedo. Está conformada por la llanura aluvial del río Usumacinta, que, en su primer tramo, justo desde Boca del Cerro hasta aproximadamente la desembocadura del río Chacamax en el Usumacinta, presenta características de dinámica aluvial meándrica, con la morfología propia de este ambiente (descrita en la unidad de valle meándrico). A partir de este punto, por extensión y configuración, tiene las características propias de una llanura aluvial de desborde, en la que predominan los procesos de desborde y depositación de sedimentos. El Usumacinta aumenta en caudal en este sector debido a las descargas de los ríos San Pedro y Chacamax, principalmente.

Llanura marina

Se encuentra en altitudes menores a los cinco msnm y pendientes inferiores a 1%, en la unidad climática de tierras bajas cálidas, clima cálido húmedo y en menor proporción en las tierras bajas cálidas, en clima cálido semihúmedo.

En el área de estudio se encuentra en la llanura del Pacífico, el sector de costas sumergidas que van cambiando gradualmente en su aspecto hasta alcanzar el equilibrio y quedar regularizadas por los efectos de la erosión y sedimentación marina (Villota, 2005). En este caso su evolución ha determinado la formación de playas marinas. En la llanura marina prevalecen materiales arenosos acumulados por corrientes litorales del Cuaternario.

Relieve superficies alomadas-disolucional

Esta unidad se encuentra entre uno y 300 msnm, presenta relieves de baja altura relativa menor de 15 m, con pendientes dominantes ligeramente planas entre 0-3%, y en menor proporción ligeramente onduladas (3-7%), agrupadas en su conjunto como superficies alomadas con ondulaciones leves. Se encuentran principalmente en clima cálido húmedo y en menor proporción en clima cálido semihúmedo.

El gran paisaje de las superficies alomadas pertenece a la provincia fisiográfica de la península de Yucatán. Estos relieves son bañados y atravesados principalmente por los ríos San Pedro y el Polevá, entre otros. Litológicamente está constituido por rocas carbonatadas calizas del Terciario Paleógeno y Mioceno de la plataforma yucateca y el Petén guatemalteco.

Relieve colinado-disolucional

El relieve colinado disolucional lo conforma un sistema de colinas y lomas bajas, medias y altas, y algunos cerros cársticos; se encuentra en altitudes entre los 60 y 800 msnm, con alturas relativas menores a 290 m, con pendientes moderadamente inclinadas (7-12%) y fuertemente inclinadas (12-25%). Se localiza sobre todo en las provincias fisiográficas de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala y la península de Yucatán, e integran la región climática de las tierras bajas cálidas, en climas cálidos semihúmedo, cálidos húmedos y cálidos muy húmedos. Litológicamente está constituido por rocas carbonatadas, calizas del Terciario Paleógeno y del Cretácico.

Relieve colinado o lomerío erosional/areniscas arcillosas

Esta unidad se localiza entre los 10 y 120 msnm, de forma paralela entre el sistema montañoso y la llanura aluvial, en clima cálido húmedo. Este relieve enmarca el trayecto del río Usumacinta desde su salida (sector boca del cerro) del sistema montañoso de la

Sierra Madre de Chiapas. Litológicamente este gran paisaje está constituido por areniscas arcillosas; los paisajes dominantes son superficies alomadas, lomas y vallecitos. Las pendientes dominantes fluctúan entre 0-3-7% y en menor proporción 7-12 y 12-25 por ciento.

Relieve colinado o lomerío erosional/conglomerados

El gran paisaje de lomerío erosional presente sobre todo en la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala está formado por lomas bajas y medias con alturas relativas inferiores a los 150 m y se encuentra en los alrededores de los ríos La Pasión, Chixoy, Lacantún y Salinas, entre los 100 y 250 msnm, en clima cálido húmedo. Litológicamente este gran paisaje está constituido por rocas sedimentarias conglomeradas; caracterizado ante todo por paisajes de lomas y vallecitos. Las pendientes dominantes son planas a ligeramente planas (1-3%) y ligera y moderadamente inclinadas (3-7-12 por ciento).

Relieve colinado estructural erosional

Este gran paisaje corresponde a un grupo de colinas estructurales altas, medias y bajas (cuestas-crestones-crestas), con un predominio de las cuestas y crestas medias, asociadas a la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, originados por procesos estructurales (deformaciones por levantamiento, plegamiento y fracturamiento) sobre los cuales actúan procesos erosionales. Presentan pendientes que van desde ligera y moderadamente inclinadas (7-12%), fuertemente inclinadas (12-25%) hasta ligeramente escarpadas con pendientes entre 25-50%. Conforman estructuras homoclinales y litológicamente se componen de rocas sedimentarias del Terciario Paleógeno Eoceno, constituidas por intercalaciones de lutitas y areniscas en la mayoría de los casos. Se encuentra en los entornos de los ríos Usumacinta, Lacantún, La Pasión, Xaclbal o Chajul, Salinas, y Chixoy o Negro, entre los 100 y 900 msnm, en las tierras bajas de clima cálido húmedo y muy húmedo.

Relieve altiplanicie estructural disolucional

La altiplanicie es una unidad genética de relieve de extensión regional que comprende antiguas llanuras agradacionales sollevantadas, localizadas a diferente altitud y constituidas por capas o estratos de sedimentos horizontales, las cuales han estado sometidas, por diferentes periodos y con distinta intensidad, a un conjunto de procesos degradacionales, incluida una fuerte meteorización, hasta transformar su morfología inicial (Villota, 2005).

Se localizan entre los 500 y 2 000 msnm El sustrato geológico se compone de rocas carbonatadas constituidas por calizas del Cretáceo Superior e Inferior. Esta unidad presenta una gran variedad de climas que incluyen desde el cálido semihúmedo y húmedo, el semicálido húmedo y muy húmedo, hasta el templado subtropical húmedo y templado subtropical seco. Este gran paisaje lo conforman relieves de pendientes que van desde planas y ligeramente planas (0-3%), pasando por relieves ligera y moderadamente inclinados (3-7-12%), hasta relieves con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%); y también algunos sectores ligeramente escarpados (25-50 por ciento).

Relieve altiplanicie estructural

Esta unidad se encuentra entre los 500 y 2 500 msnm; constituido por rocas

sedimentarias, limolitas y areniscas del Terciario/Cuaternario del Plio-Pleistoceno, lutitas y areniscas del Terciario Paleógeno, y calizas y lutitas del Cretácico Superior. Posee una variedad de climas que incluyen desde el cálido húmedo y muy húmedo, semicálido húmedo a pluvial, hasta el templado subtropical húmedo y muy húmedo. Lo conforman relieves de pendientes que van desde planas y ligeramente planas (0-3%), pasando por relieves ligeros y moderadamente inclinados (3-7-12%), hasta relieves con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) y en algunos sectores ligeramente escarpadas (25-50 por ciento).

Piedemonte aluvial

Corresponde a la superficie inclinada que se desarrolla al pie del sistema montañoso de la cordillera centroamericana en la vertiente del Pacífico, y que se forma por la sedimentación de los ríos Coatán, Suchiate, Cabuz y Cahoacán, entre otros, que emergen de los terrenos elevados hasta las zonas más bajas y abiertas. Compuesto por coalescencias de abanicos aluviales y aluvio-diluviales, con igual o diferente composición litológica-granulométrica.

Este gran paisaje ha sido formado por depósitos superficiales aluviales del Cuaternario, lo conforman relieves de pendientes que van desde planas (0-1%) y ligeramente planas (1-3%), pasando por relieves ligeramente inclinados (3-7%) hasta moderadamente inclinados (7-12%). Se localiza en alturas que van desde los 5 hasta los 600 msnm, en las regiones climáticas de las tierras bajas en clima cálido semihúmedo a muy húmedo.

Relieve montañoso disolucional

Este gran paisaje está formado por rocas carbonatadas constituidas por calizas del Cretáceo Superior, presentes en gran parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, las cuales han sufrido deformación por plegamiento y fallamiento; se encuentra contiguo al relieve colinado y montañoso estructural erosional. Se ubica en las tierras bajas de clima cálido húmedo y muy húmedo; en las tierras medias templadas, en climas semicálidos húmedos a pluvial y en tierras altas de climas templado subtropical húmedo y muy húmedo, semifrío muy húmedo a pluvial. Lo conforma un sistema montañoso de paisajes cársticos escarpados (de cerros cársticos, uvalas, dolinas, poljes, simas, cañones...). Se encuentra en altitudes entre los 120 y 2 500 msnm aproximadamente, con alturas relativas mayores a 300 m, con pendientes que van desde fuertemente inclinadas (12-25%) y ligeramente escarpadas (25-50%), hasta moderadas y fuertemente escarpadas con pendientes entre 50-75% y mayores a 75 por ciento.

Relieve montañoso estructural/erosional

El relieve montañoso estructural erosional presente en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala ha sido formado principalmente por rocas sedimentarias constituidas por intercalaciones de lutitas y areniscas del Terciario Paleógeno Eoceno y Paleógeno Paleoceno, las cuales sufrieron deformación por plegamiento, fracturamiento y fallamiento. Este gran paisaje también se encuentra colindando con el sistema montañoso disolucional y la altiplanicie. A este gran paisaje pertenecen las crestas y los crestones monoclinales y anticlinales.

Se ubica entre los 200 y 3 500 msnm, en las tierras bajas de clima cálido húmedo y muy

húmedo; también se encuentran en las tierras medias templadas, en climas semicálido húmedo y muy húmedo y en tierras medias templadas en climas semicálido húmedo, muy húmedo y pluvial; hasta las tierras altas templadas de climas templado subtropical húmedo y muy húmedo y las tierras altas de clima semifrío muy húmedo y pluvial, con pendientes que van desde fuertemente inclinadas 12-25% y ligeramente escarpadas 25-50%, hasta moderadamente escarpadas con pendientes de 50-75 por ciento.

Relieve montañoso volcánico erosional

La unidad genética de relieve montañosos volcánico erosional concentra todos los paisajes geomorfológicos determinados por el volcanismo que han sufrido en diverso grado los efectos denudativos pero que aún conservan rasgos definidos por sus formas iniciales (Villota, 2005).

El relieve montañoso volcánico erosional presente en la provincia fisiográfica de la cordillera centroamericana ha sido formado principalmente por rocas ígneas volcánicas, del periodo Terciario (Neógeno Mioceno-Plioceno). Los materiales parentales que conforman estos paisajes son de rocas extrusivas, coladas de lava y piroclastos (tobas-pumita), cuyo volumen y distribución dependen de factores como el tipo de erupciones volcánicas, de magma emanado y del tipo de conducto volcánico.

Este gran paisaje también se encuentra localizado entre el sistema montañoso erosional y el piedemonte. A esta unidad pertenecen los estratovolcanes (Tacaná y Tajumulco), conos volcánicos y coladas lava, los cuales se localizan entre los 90 y 4 203 msnm y están constituidos por rocas volcánicas félsicas (riolitas-ignimbritas). Esta unidad presenta una gran variedad de climas que van desde las tierras bajas con clima cálido húmedo y muy húmedo; las tierras medias templadas, en climas semicálido muy húmedo y pluvial; altas de climas templado subtropical húmedo y muy húmedo hasta semifrío muy húmedo. Presenta relieves de pendientes que van desde ligera y moderadamente inclinadas (3-7-12%), pasando por relieves con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) y ligeramente escarpadas (25-50%), las cuales dominan la unidad, hasta moderadamente escarpadas con pendientes de 50-75% y fuertemente escarpadas con pendientes mayores de 75 por ciento.

Relieve montañoso erosional

Esta unidad genética de relieve comprende un área extensa que incluye todas aquellas elevaciones del terreno que forman parte de las cordilleras, sierras y serranías, cuya elevación y morfología actuales no dependen del plegamiento de la corteza, ni tampoco del volcanismo, sino solamente de los procesos exógenos degradacionales determinados por las lluvias y escorrentías, y el agua de suelo, con fuerte incidencia de la gravedad (Villota, 2005).



Relieve montañoso erosional, ganadería extensiva, (pastos) degradación de tierras en cárcavas, terracetas y patas de vaca. Frontera Comalapa.

Forman parte de este gran paisaje las crestas ramificadas (filas-vigas). La litología presente en la configuración de estos paisajes en la región son las rocas ígneas intrusivas plutónicas y las metamórficas (gneis-esquistos), que se encuentran en las provincias fisiográficas de la cordillera centroamericana y de la Sierra Maya.

Se localizan entre los 130 y 3 500 msnm El sustrato geológico se forma principalmente de rocas plutónicas félsicas de granito y plutónicas intermedias de dioritas, de los periodos Cuaternario, Terciario y Paleozoico. En otros casos, sobre estos materiales se presentan depósitos de ceniza volcánica, constituyéndose en el material parental que conforma este tipo de geoformas. Esta unidad presenta una gran variedad de climas que van desde las tierras bajas de clima cálido húmedo y muy húmedo; las medias templadas semicálido húmedo y muy húmedo y las tierras altas de clima templado subtropical húmedo a muy húmedo y semifrío muy húmedo. Este gran paisaje lo conforman relieves de pendientes que van desde ligera y moderadamente inclinadas (3-7-12%), pasando por relieves con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) y ligeramente escarpadas (25-50%), hasta relieves moderada y fuertemente escarpadas de pendientes (50-75% y mayores de 75 por ciento).

Suelos

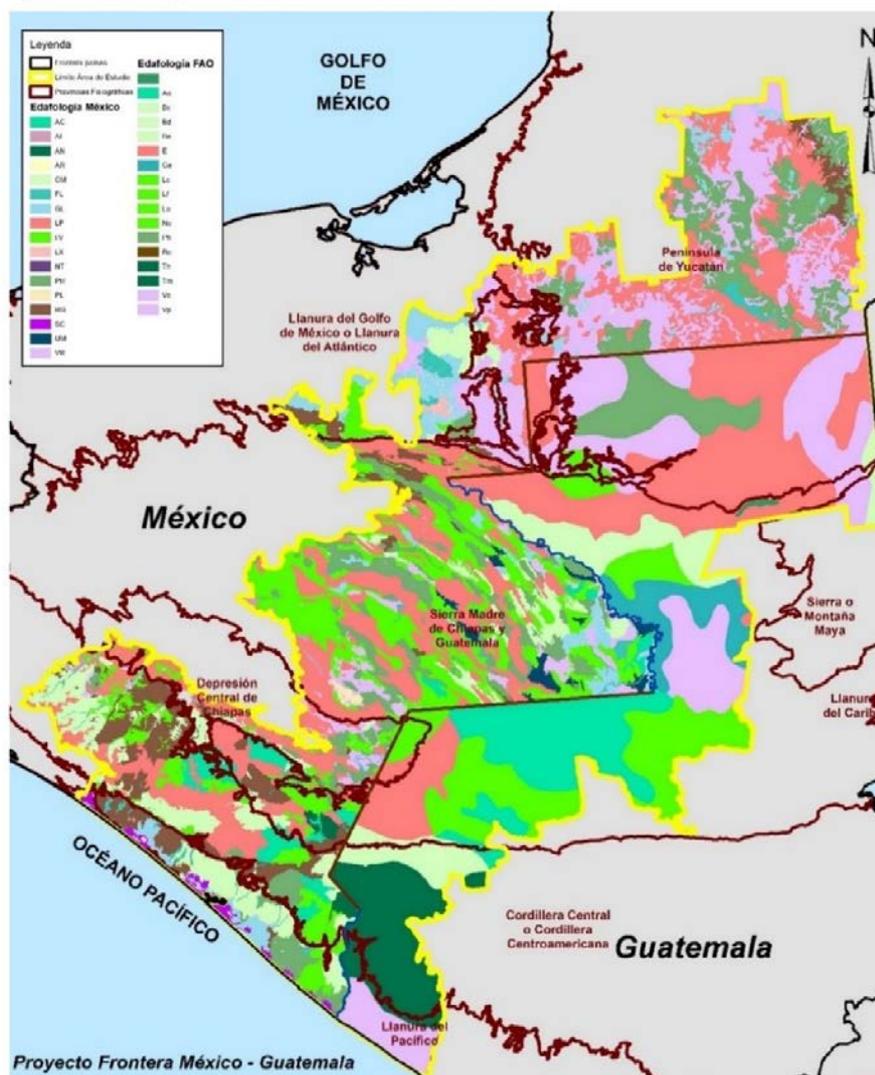


Suelos luvisoles del paisaje de lomerío erosional. Sector de Benemérito de las Américas.

El suelo es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y que se caracteriza por uno o varios horizontes-capas que se distinguen del material inicial como resultado de procesos de formación (adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia) o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural (USDA, 2014).

En la figura 23 se muestra la distribución espacial de los suelos para la zona de estudio. Dicho mapa se ha construido utilizando la información edafológica existente: mapa de suelos del INEGI, conjunto de datos vectorial edafológico escala 1:250 000 serie II, (2007), y mapa de suelos FAO de Guatemala, de acuerdo con la base de datos de Winograd y Farrow (1998), el cual se ajustó con información del mapa preliminar de suelos WRB de Guatemala (en construcción), e información recolectada por los autores en la frontera México-Guatemala. Tal como se puede apreciar en el mapa, la información disponible presenta grandes diferencias en el detalle espacial, no obstante, en la labor de ajuste se trató en lo posible de dar continuidad a las unidades de suelo.

Figura 23. Suelos región transfronteriza



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, serie II, 2007, México; Winograd y Farrow, 1998, (ajustado).

En el cuadro 8 se listan los tipos de suelos con sus características generales presentes en el área de estudio.

Cuadro 8. Suelos del área de estudio y sus características generales

| Tipo de Suelo | Génesis - material parental | Característica de los suelos | Uso y manejo |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Gleysoles GL | Formados a partir de materiales no consolidados, como sedimentos aluviales, marinos y lacustres; en relieves bajos con nivel freático elevado | Saturados con agua superficial y subsuperficial, mal drenados, suelos con exceso de agua, condiciones reductoras y propiedades flúvicas | En cultivos, bajo un sistema de drenaje. Conservación de vegetación natural |
| Arenosoles AR | Suelos de bajo desarrollo o poco evolucionados, propios de llanuras costeras (barras de playa) y aluviales; sedientos aluviales y marinos no consolidados | Suelos de texturas gruesas, arenosos, profundos, de alta permeabilidad, baja capacidad de retención de agua y de nutrientes | Presentan facilidad de labranza y enraizamiento y de baja fertilidad |
| | Desarrollo de horizontes de poco a medio grado de | | Abundante contenido de sales que afecta el |

| | | | |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Solonchaks Sc | evolución; presentes en zonas costeras, asociados a procesos de transgresión y regresión marina. Sedimentos aluviales, marinos. | Alta concentración de sales solubles, propiedades gléyicas dentro de los 50 cm de profundidad | crecimiento de las plantas, potencial muy limitado para la agricultura. Conservación de vegetación natural (manglar) |
| Vertisoles VR | Asociados con arcillas expansivas, desarrollo de grietas profundas y anchas, presentes en ambientes ricos en bases de cambio, fértiles | Texturas muy finas, arcillas pesadas, un rango de humedad estrecho entre el estrés y el exceso de humedad; se presentan grietas, estructura en cuñas y micro relieve gilgai | Difícil en las labores de labranza, arcillas expansivas afectan las construcciones, alta y mediana fertilidad actual y potencial |
| Fluvisoles FL | Suelos jóvenes, desarrollados a partir de depósitos fluviales, lacustres o marinos | Poco desarrollo en el perfil, en condiciones naturales se inunda periódicamente | Variada fertilidad natural y con diferentes contenidos de bases intercambiables |
| Acrisoles Ac | Desarrollados en superficies terrestres antiguas, estables, en climas tropical y subtropical húmedo y muy húmedo | Desarrollo de horizonte árgico en el subsuelo, mayor contenido de arcilla por migración subsuperficial | Baja saturación de bases y arcillas de baja actividad, a ciertas profundidades. Requieren encalado, fertilización completa y control de la erosión |
| Regosoles RG | Suelos muy poco desarrollados a partir de materiales no consolidados | Débil desarrollo, material suelto, no arenosos, desarrollo de horizontes superficiales ócricos o úmbricos | Para la región se localizan principalmente en áreas montañosas, se recomienda conservar la vegetación natural |
| Luvisoles LV | Suelos de moderado desarrollo, presentes en regiones con una estación seca marcada, bien definida y presente en superficies geomorfológicas estables | Desarrollo de un horizonte árgico (Bt), acumulación de arcilla en un horizonte subsuperficial, con mayor contenido de arcilla en este y alta saturación bases | Son suelos con alta o moderada fertilidad, aptos para una amplia gama de usos |
| Leptosoles LP | De bajo grado evolutivo, generalmente en relieves montañosos, desarrollados principalmente a partir de calizas en la región y en otras ocasiones extremadamente gravillosos | Suelos superficiales y muy superficiales, limitados en profundidad (menor de 25 cm) por la roca continua o capas cementadas o materiales calcáreos | Dependiendo del tipo de relieve su uso puede ser forestal con plantaciones propias de la región, agroforestería, cultivos y conservación de la vegetación natural |
| Cambisoles CM | Suelos jóvenes con procesos genéticos incipientes y una meteorización leve o moderada del material parental | Evidencia un desarrollo de estructura, consistencia y color | Fertilidad variada, de moderada a alta, permite el desarrollo de una amplia variedad de cultivos |
| Phaeozems PH | Suelos de evolución moderada, oscuros, con altos contenidos de materia orgánica y desarrollo de horizonte mólico | Suelos ricos, con alta saturación de bases y sin acumulación de sales | Suelos con alta fertilidad actual y natural (potencial) |

A continuación se presentan algunas consideraciones sobre la cobertura vegetal y uso del

suelo, aspecto de gran importancia en el desarrollo de programas y políticas encaminadas al uso y manejo adecuado de los recursos naturales.

Cobertura vegetal y uso de la tierra



Vegetación secundaria de selva perennifolia, sectores del Soconusco.

Los recursos naturales pueden ser definidos como aquellas partes de la naturaleza que pueden proveer los bienes y servicios requeridos por los humanos (Mather y Chapman, 1995). Las Naciones Unidas los definen como todo aquello que encuentra el hombre en su ambiente natural y que puede utilizar de alguna u otra forma para su propio beneficio (ONU, 1970). Es decir que los recursos naturales deben ser utilizados de manera que no afecte al ambiente ni a los individuos presentes en una localidad o región.

Según Nellyce, *et al.* (2017), los recursos naturales son los componentes bióticos y abióticos que integran la naturaleza y que sirven para que el hombre, directamente o transformándolos, pueda satisfacer sus necesidades. Por lo tanto, son fuente de vida y se aprovechan para satisfacer las necesidades esenciales, como alimentación, vivienda, salud, energía, económicas y de entretenimiento; además de ser una fuente de vida y desarrollo

para las comunidades que habitan un territorio.

De acuerdo con Figallo (1990), actualmente el concepto de recursos naturales no solo engloba los tradicionalmente conocidos, como minerales, tierras, aguas, bosques, sino también aspectos cualitativos y procesos naturales como el aire, el paisaje, la flora y la fauna silvestre, las formaciones geológicas, geomorfológicas y los diversos procesos de recarga de aguas subterráneas, de sedimentación y alimentación energética, y el propio espacio. En el momento en que el hombre hace un uso apropiado de estos recursos no solo obtiene beneficios personales, también contribuye a que la comunidad tenga un mejor desarrollo local. Todo aprovechamiento de recursos naturales deberá estar sujeto a los tres ejes de la sostenibilidad, como son los ambientales, sociales y económicos, de tal manera que mantengan un comportamiento adecuado y amigable con el medio ambiente, y sin comprometer o extinguir el uso de los mismos recursos a las generaciones futuras.

El conocimiento de los recursos naturales y el uso de la tierra siempre ha sido esencial para la sociedad, no solo en la definición de programas orientados al aprovechamiento sustentable y explotación de los recursos naturales, sino también para la toma de decisiones en programas basados en la oferta ambiental disponible, el uso y manejo adecuado de las tierras, los conflictos de uso y su directa y correspondiente relación con la calidad y tipo de suelos, bosques y aguas. Desde hace mucho tiempo las diversas decisiones que el hombre toma están relacionadas con numerosos interrogantes y en particular sobre aquellas tierras que se encuentran bajo coberturas naturales forestales, las cuales podrían desmontar y transformar para diversos usos agropecuarios; decisiones que hoy en día muchas veces se toman sin importar el valor ambiental de estas ya casi extintas coberturas naturales, ni tener en cuenta la capacidad de uso, aptitud de las tierras u oferta ambiental, y en particular sobre aquellas áreas en las que se pretenden implementar programas de uso donde la presión por el crecimiento y desarrollo de las poblaciones requiere más tierra para su producción o desarrollo urbano.

Otro factor de presión importante es la creciente demanda de madera y de leña para combustible, cambios que hoy en día conducen cada vez más a la explotación y penetración en las pocas áreas que aún se conservan de coberturas vegetales naturales, sin embargo, a favor de estas prácticas (consumo de madera y leña) muchas veces el aprovechamiento de este recurso para la población contribuye a evitar los incendios forestales. Por otra parte, las agroindustrias en Guatemala son en gran medida las responsables de la pérdida y desaparición de algunos ecosistemas naturales, aunque de tiempo atrás estos ecosistemas vienen siendo eliminados por las diferentes actividades productivas, así como la sobreexplotación, subutilización o inadecuado uso de las tierras, no solo por los cambios bruscos e improcedente en su uso, sino también por la demanda e intereses comerciales que priman la mayoría de las veces sobre la seguridad agroalimentaria y ambiental.

Los componentes del medio natural, la cobertura vegetal, así como el uso que la sociedad hace de la misma, son de los aspectos más dinámicos y en algunos casos conflictivos. Dadas las complejas interdependencias e interacciones que existen entre los diversos elementos del medio natural, dicho dinamismo les imprime mayor complejidad a las interacciones entre sociedad y naturaleza.

Para la elaboración de la cartografía y caracterización de la cobertura vegetal y uso de la tierra para la región transfronteriza México-Guatemala se usaron como insumos básicos,

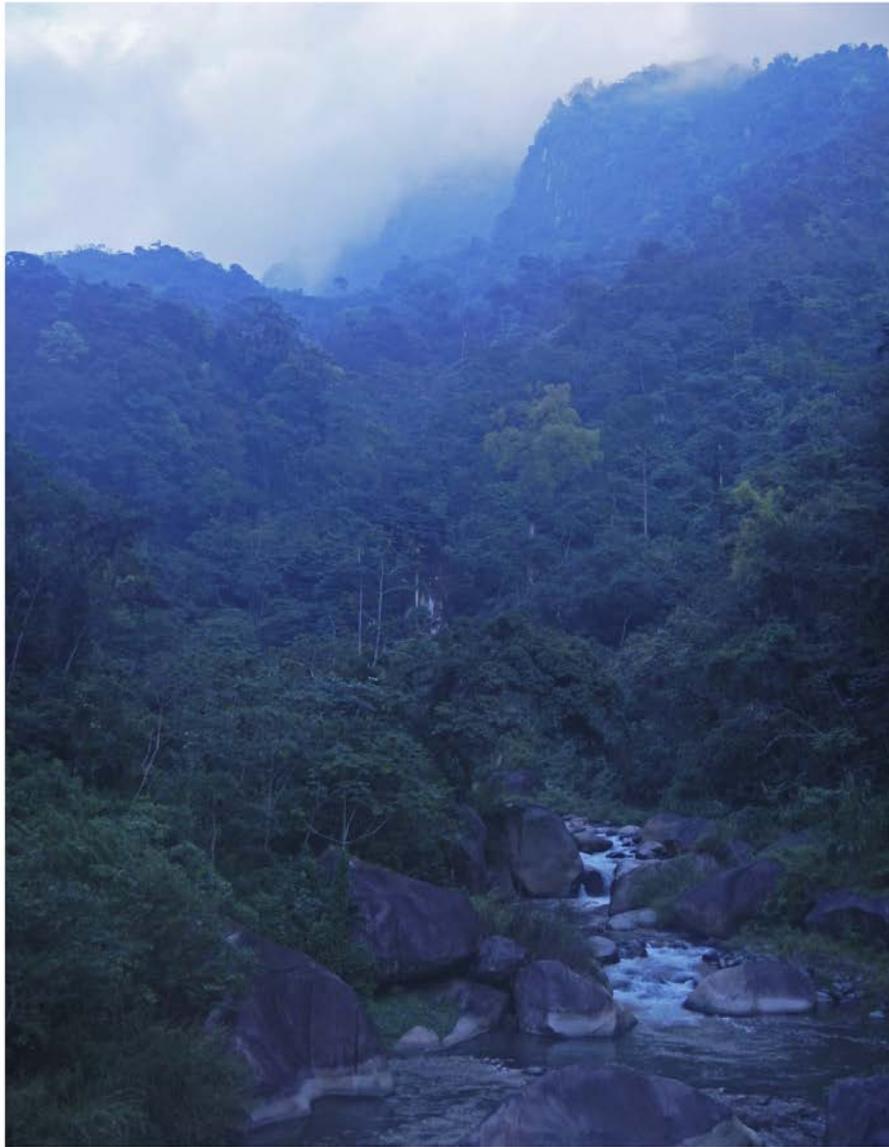
para Guatemala, la cartografía realizada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) de la Unidad de Planeación Geográfica y Gestión de Riesgos (PGGR) del año 2010, escala 1:50 000, y para México, la carta de cobertura vegetal y uso del suelo, serie VI (2016), del INEGI, escala 1:250 000. Con base en estas coberturas, para obtener un mapa homologado del uso de la tierra en la zona de estudio, se realizaron las siguientes actividades:

1. Ajuste, adaptación y homologación de las leyendas de coberturas y uso de la tierra, serie VI, 2016, del INEGI, y la carta del MAGA-PGGR del año 2010.

2. Con base en cada una de las coberturas y uso de la tierra delimitadas para los dos países se realizó la unificación a través de una reclasificación de uso y cobertura.

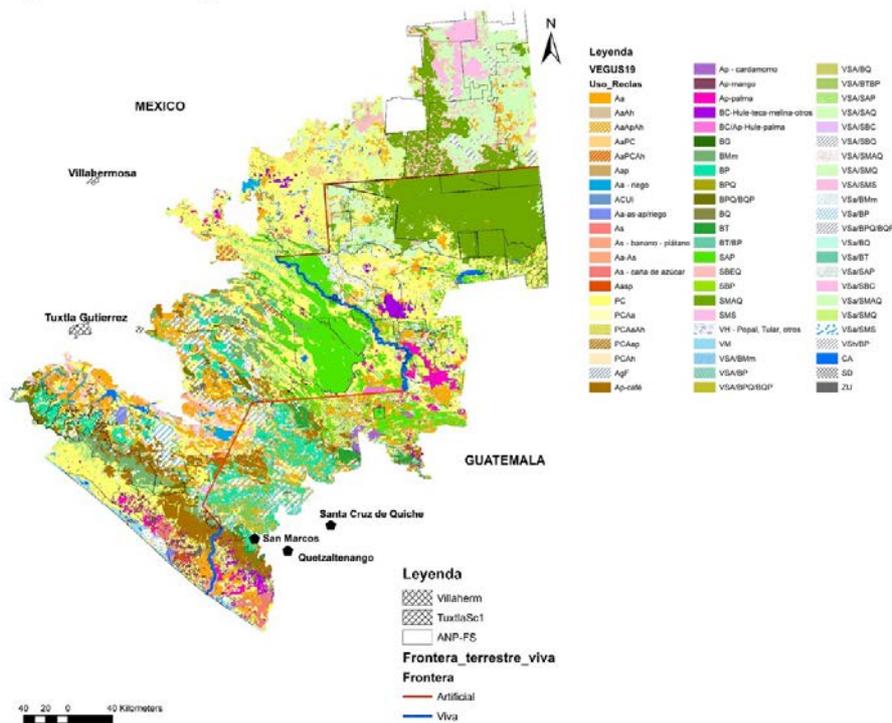
3. A partir del mapa resultante se planeó y realizó un recorrido exploratorio de campo con el fin de comprobar y distinguir algunas coberturas existentes y caracterizar de manera general los tipos de cultivos.

4. Con base en el recorrido de campo y la experiencia y conocimiento de los autores principalmente en la cuenca del Usumacinta, México, se hizo un ajuste y edición general [22] mediante interpretación visual digital de imágenes Digital Globe 2010, de resolución 30 cm, y Sentinel 2019, de resolución 10 m, al mapa resultante (figura 24), con su respectiva leyenda (figura 25).



Bosque mesófilo de montaña. Sectores del Soconusco, Chiapas, México.

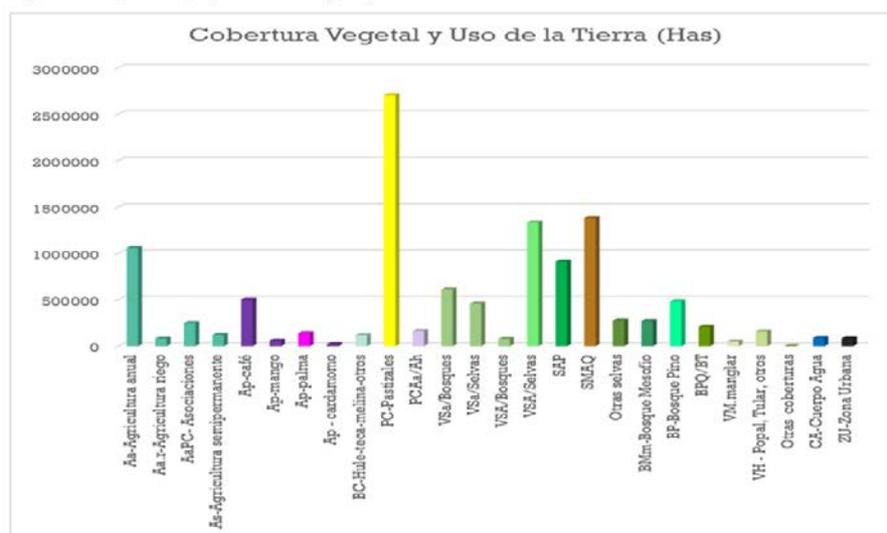
Figura 24. Cobertura vegetal uso de la tierra



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, serie VI, 2016; Conanp, 2014; IGN/MAGA/PGGR, 2010. Actualizado a 2019 mediante imágenes Sentinel.

Del análisis de los datos que se presentan en la figura 26 y el cuadro 9 se aprecia que las coberturas naturales con poco grado de intervención (bosques, selvas, vegetación hidrófila y cuerpos de agua) comprenden 45.3% del total del área analizada, correspondiendo su mayor porcentaje (42.7%) a las selvas, bosques y vegetación arbórea de los mismos. En el mapa esta cobertura se muestra en colores verdes; se localiza principalmente en Áreas Naturales Protegidas, en las que sobresalen por su extensión en México las Reservas de la Biósfera de Montes Azules, Lacan-Tun, El Triunfo y La Sepultura, así como el Área de Protección de Recursos Naturales de la Biósfera La Frailescana; en Guatemala la Reserva de Uso Múltiple en el sector del Petén, que incluye el Parque Nacional Mirador río Azul y el Biotopo San Miguel la Palotada. También en Guatemala el Parque Nacional Sierra del Lacandón, que aún preserva en vegetación natural aproximadamente la mitad de su área; el resto de su superficie presenta un grado de intervención de moderado a alto en actividades agropecuarias.

Figura 26. Superficie (ha) cobertura vegetal y uso



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, serie VI (2016); MAGA (2010).

Cuadro 9. Tipo de cobertura y uso (ha y %)

| Tipo de cobertura/uso | Área (ha) | % |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|-------|
| Agricultura anual | 1 060 400 | 9.14 |
| Agricultura riego | 80 953 | 0.7 |
| Agricultura semipermanente | 122 460 | 1.05 |
| Agricultura permanente (café, mango, cardamomo) | 580 163 | 5.0 |
| Agricultura en asociación | 246 610 | 2.13 |
| Palma africana | 139 017 | 1.2 |
| Plantaciones (hule, teca, melina, otro) | 119 848 | 1.03 |
| Pastizales | 2 704 753 | 23.32 |
| Pastizales en asociación PCAa/Ah Acahuals | 163 522 | 1.41 |
| Vegetación arbustiva de bosques y selvas | 1 067 749 | 9.2 |
| Vegetación arbórea de bosques y selvas | 1 408 876 | 12.1 |
| Bosques y selvas | 3 524 701 | 30.4 |
| Vegetación hidrófila (manglar, popal, tular) | 207 219 | 1.8 |
| Otras coberturas (bosque de galería, suelo descubierto: playas, orillares) | 2 894 | 0.02 |
| Cuerpo de agua | 87 659 | 0.76 |
| Zona urbana | 84 041 | 0.7 |
| Total | 11 600 865 | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

Los bosques predominantes son los de pino y pino-encino, con extensiones importantes en Guatemala, y en menor proporción bosque mesófilo de montaña. La vegetación de selvas

corresponde en su mayor parte a selva alta perennifolia y selva mediana y alta subperennifolia, la primera con su mayor extensión en México en la Reserva de la Biósfera de Montes Azules, y la segunda que corresponde a la mayor área de selvas conservadas presentes en Guatemala en la región del Petén y en México en la Reserva de la Biósfera de Calakmul.

Bosque de pino-pino/encino. Vía de Altamirano a Oxchuc



La vegetación hidrófila se constituye fundamentalmente por bosques de mangle y en menor proporción popal y tular; los primeros se encuentran en mayor medida en la costa pacífica de México, en la Reserva de la Biósfera La Encrucijada, y en Guatemala un pequeño sector en la costa pacífica en el Área Natural Protegida Manchón Guamuchal.

El 54.7% del área corresponde a coberturas asociadas con la acción antrópica, que incluye áreas de pastizales, solos o en asociación (24.73%), vegetación arbustiva (acahuales, 9.2%) agricultura anual (9.8%), semipermanente y permanente (6.0%), palma africana (1.2%) plantaciones (1.0%), y zonas urbanas (0.7 por ciento).



Pastizales en asociación, agricultura semiperenne/perenne, piña, acahuales. Santo Domingo de las Palmas en la vía a Nuevo Matzám.



Agricultura anual (maíz) en asociación, pastos, acahuales. Santo Domingo de las Palmas en la vía a Nuevo Matzám.

La vegetación secundaria de bosques y selvas se encuentra principalmente en las zonas

de ladera, a altitudes mayores a 1 000 msnm. Si se considera que en estas áreas también hay una alta densidad de población, muy probablemente se trate de áreas agrícolas en descanso, denominadas acahual, de diferentes edades (3-12 años).[23]

Los pastizales dedicados a la ganadería, en su mayoría de tipo extensivo, se localizan en México, en buena parte de la llanura o planicie aluvial en el golfo de México, sector de la cuenca baja del Usumacinta (municipios de Tenosique, Balancán y Palenque), así como en la zona de Marqués de Comillas-Benemérito, y en las cañadas de Ocosingo, principalmente; y en Guatemala en el sector sur del departamento del Petén. En la costa pacífica, municipio de Suchiate, hay pastizales para ganadería semintensiva e intensiva bajo riego.



Riego por aspersión en pastizales para ganadería semintensiva e intensiva. Costa pacífica, Suchiate, México.

La agricultura anual incluye agricultura de riego y de temporal. La de riego corresponde principalmente a cultivos de tomate, col y arroz. La agricultura de temporal se puede dividir en dos sectores: uno en las zonas de ladera (en especial maíz y frijol), y otro localizado en zonas planas con cultivos de soya, sorgo, melón, sandía, tabaco, papaya y ajonjolí.



Rosa tumba y quema. Práctica cultural de siembra de maíz en ladera. Acahual, siembra a chuzo. Betania en la vía a laguna Miramar.

Agricultura anual en ladera. Maíz. Betania en la vía a laguna Miramar.

La agricultura semipermanente corresponde a cultivos de caña de azúcar y plátano que se localizan en México en la costa de Chiapas, en el Pacífico, y en el municipio de Tenosique, y en Guatemala en la costa pacífica.



Agricultura semipermanente de plátano. Vía Ciudad Hidalgo hacia La Libertad, costa pacífica, México.

La agricultura permanente corresponde a cultivos de café, mango y marañón; el primero se ubica en la vertiente del Pacífico en México en la zona del Soconusco, en una franja de altitud entre los 300 y 1 500 msnm, aproximadamente, y en Guatemala entre los 500 y los 1 500 msnm; el mango en el sector de la costa pacífica por debajo de los 100 m de altitud.



Caficultura en zonas de ladera. Región del Soconusco, Chiapas.

Las plantaciones incluyen palma africana-hule, que se localizan en Guatemala, sector sur del departamento del Petén, y en la costa pacífica; en México en la zona de Marqués de Comilla-Benemérito de las Américas, Palenque. Un segundo grupo de plantaciones corresponde a teca, melina, cedro y otros, que se localizan en la costa pacífica de Guatemala y en sectores de Balancán, en México.



Plantación de palma africana. Nuevo Orizaba vía a Maravilla Tenejapa. Plantación de hule. Nuevo Orizaba vía a Maravilla Tenejapa.

Con respecto a la actualización del mapa de cobertura y uso cabe mencionar que para México se utilizó el mapa existente de la serie VI (2016) y para Guatemala el mapa de cobertura de 2010; se puede apreciar que los mayores cambios se presentaron en Guatemala, donde se manifiesta un aumento considerable de pastizales, agricultura anual, cultivos de palma africana y plantaciones forestales. Las coberturas que disminuyeron fueron la vegetación secundaria de selva alta y mediana perennifolia, la selva alta perennifolia, los bosques de pino y la vegetación arbustiva del mismo.

-
- 7 La línea imaginaria que une los puntos de mayor elevación del terreno y a su vez divide a la escorrentía en direcciones contrarias.
- 8 Es una zona en la que el agua no tiene salida fluvial, es decir que el flujo superficial de sus aguas se acumula en lagos, lagunas o sumideros que no están conectados por cauces superficiales con otras corrientes de agua. El término tiene raíces griegas: *endo*, “interior”, y *rhein*, “fluir”. Toda precipitación pluvial que caiga en una cuenca cerrada o endorreica permanece allí, únicamente sale del sistema por infiltración, percolación, evaporación o evapotranspiración.
- 9 “Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo”, Holdridge, 1987.
- 10 La propuesta de unidades climáticas se elaboró con base en la información disponible en el Atlas Climático Digital de México (ACDM), desarrollado por la Unidad de Informática del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM (Uniatmos). Además, se utilizó el diagrama triangular de clasificación de zonas de vida/formaciones ecológicas de Holdridge, considerando la biotemperatura media anual en °C. Véase más sobre la propuesta en Saavedra, López y Castellanos, 2019.
- 11 El sistema de zonas de vida es un esquema para la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático. Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo (Holdridge, 1987).
- 12 Según Álvarez-Gómez, (2015), geológicamente el norte de Centroamérica corresponde a la corteza continental perteneciente a la placa del Caribe, situada en el extremo noroeste de esta y al noroeste de las cordilleras costarricenses de Guanacaste, Central y de Talamanca en el istmo centroamericano.
- 13 Dengo, 1985, pp. 117-124.
- 14 Millones de años.
- 15 J. Álvarez (2004) define geográficamente a Centroamérica como el área terrestre y de plataforma continental que se extiende desde el istmo de Tehuantepec, en México, hacia el sureste, hasta las tierras bajas de Atrato en Colombia. El mismo autor menciona que geográfica y políticamente se compone de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Desde el punto de vista de estructura geológica regional, presenta a Centroamérica en dos regiones o provincias diferentes: una región septentrional, que se extiende desde Guatemala hasta aproximadamente la frontera Nicaragua-Costa Rica, y la otra meridional desde ahí hasta Colombia.
- 16 Véase cuadro 5, Escala del tiempo geológico en las eras Cenozoico y Mesozoico.
- 17 Según observaciones en trabajo de campo en 2017 y 2018 por Saavedra y López,
- 18 “Manual de atributos de levantamientos de recursos de las tierras”, de la Subdirección de Agrología, IGAC, Santa Fe de Bogotá, 2002.
- 19 La clasificación fisiográfica del terreno según la metodología propuesta (Villota. H, IGAC- CIAF. 1997, p.p. 55-70).
- 20 Una planicie inclinada que se desarrolla al pie de una forma de relieve más elevada

(sistema montañoso o de serranías), el cual ha sido formado por la sedimentación de las corrientes de agua que provienen de las partes altas y se extiende hacia las zonas más bajas y abiertas.

21 Propuesta de clasificación climática elaborada por Saavedra y Castellanos (2013), la cual continúa en proceso de análisis y revisión a nivel regional (región maya). Los rangos de los parámetros corresponden con una categorización que contiene los valores de las unidades climáticas.

22 Para el área de México, en el caso de las plantaciones de café se ajustaron de acuerdo con la información de los polígonos de predios de café levantados por la Sagarpa.

23 Con base en observaciones de los autores en recorridos de campo por la cuenca Usumacinta en México y el área del Soconusco.

Segunda parte
Ordenamiento territorial

Capítulo 1

Bases generales para una aproximación al ordenamiento territorial y desarrollo regional transfronterizo

La zonificación por aptitud consiste en delimitar espacios geográficos relativamente homogéneos en función del medio físico y biológico. La utilización de este enfoque como base a la ordenación y regionalización enriquece el conocimiento sobre la distribución de los recursos naturales, su dinámica en el tiempo y la tolerancia del medio a la intervención humana. La zonificación permitirá evaluar la aptitud productiva del territorio y evaluar los conflictos potenciales entre aptitud y uso actual de la tierra. En ese sentido, para este estudio la zonificación en unidades de tierras constituirá el sustento físico natural para la definición y aplicación de programas de ordenamiento y manejo dentro de las unidades de gestión territorial y ambiental, que en este caso están referidas a las clases y subclases de aptitud.

Aptitud de las tierras

La tierra tiene múltiples funciones (FAO, 1995), entre las cuales las siguientes se consideran más relevantes para los propósitos del presente análisis:

- ◆ es la base de apoyo para múltiples sistemas biológicos a través de la producción de biomasa que suministra alimentos y forrajes, fibras, combustibles, maderas y otros materiales bióticos para el uso humano, ya sea directa o indirectamente a través del buen manejo, incluyendo acuicultura y pesca costera (función de producción);
- ◆ es la base de la biodiversidad proporcionando el hábitat biológico y las reservas genéticas para plantas, animales y microorganismos, debajo y encima de la superficie (función de ambiente biótico);
- ◆ regula el almacenamiento y el flujo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (función hidrológica).

La calidad (o limitación) es un atributo complejo de la tierra que tiene influencia sobre la

capacidad de esta para una o varias clases específicas de uso. Definidas como tales, las calidades de uso de la tierra no son valores absolutos, sino que deben ser evaluadas en relación con las funciones de la tierra y el uso específico que se pretende hacer de ella.

La sostenibilidad de la “calidad” o “salud” de la tierra dependerá de la función o funciones consideradas desde un punto de vista ambiental o del uso sostenible por parte de la sociedad en relación con la seguridad alimentaria y su bienestar en un contexto intergeneracional. La sostenibilidad no implica necesariamente una estabilidad continua de los niveles de productividad, sino más bien la resiliencia de la tierra; en otras palabras, la capacidad de la tierra para recuperar de manera rápida los niveles iniciales de producción o para retomar la tendencia de una productividad en aumento después de un periodo adverso a causa de sequías, inundaciones, abandono o mal manejo por parte del hombre.

La capacidad es el potencial que tienen las tierras para ser utilizadas bajo ciertos tipos de usos con prácticas específicas de manejo. Las unidades de tierra se definen sobre la base de los requerimientos de información de la clasificación por capacidad de uso de la tierra, desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

Clasificación de las tierras por su capacidad de uso

La evaluación de tierras se puede definir como el proceso de medición de la respuesta de una unidad de tierra, cuando se usa para propósitos específicos. En este sentido, la evaluación trata de predecir el comportamiento de cada unidad de tierra, para cada uso actual o propuesto; es un método de apoyo al desarrollo rural y a la planificación territorial. La clasificación de las tierras por su capacidad de uso contempla un análisis de los diferentes elementos y características del medio físico y el comportamiento de cada unidad de tierra según sus características y de acuerdo con los distintos limitantes que intervienen en el uso y manejo adecuado de las tierras. La clasificación de las tierras es un método muy importante de apoyo para el conocimiento de la región, el desarrollo rural y la planificación del uso del territorio (Saavedra y López, 2015).

El propósito de la clasificación consiste en agrupar los suelos de acuerdo con la capacidad para producir plantas cultivadas (cultivos, plantaciones, pastos, bosques), desde un enfoque general, y no con cultivos o tipos de utilización específicos, en forma sostenible, sin deterioro del suelo por periodos largos.

La clasificación por capacidad de uso de la tierra que se emplea en este análisis es la desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USDA, 1965), de manera adaptada (IGAC, 2001); el cual se adecuó para el presente estudio de acuerdo con la información edafológica existente (mapa de suelos del INEGI, conjunto de datos vectorial edafológico escala 1:250 000, serie II, 2008, y mapa de suelos FAO de Guatemala), [24] donde la clasificación de los suelos está referida al sistema de clasificación FAO (Base de Referencia para los Suelos del Mundo, FAO/Unesco, 1998). Constituye una herramienta básica para la planificación del uso de la tierra ya que es aplicable para fines agropecuarios, forestales y de conservación, y reúne todos los aspectos que determinan el uso más adecuado para cada suelo y las prácticas recomendadas, con énfasis en sus requerimientos de uso, manejo y conservación.

Este sistema de clasificación agrupa los suelos en tres categorías: clase, subclase y grupo de manejo; en este estudio solo se utilizarán las primeras dos categorías (cuadro 10), ya que no se cuenta con la información necesaria en grado y número de limitaciones específicas del lado guatemalteco para llegar a la tercera categoría del sistema de clasificación por capacidad de uso.

Las clases por capacidad de uso agrupan suelos, con similar grado de limitaciones o riesgos que puedan afectar los suelos y cultivos. Las clases son ocho y se designan con números romanos del I al VIII. Las limitaciones de uso son progresivamente mayores, de la clase I a la clase VIII; así, la clase I reúne todas las características y condiciones de la tierra óptima para cualquier explotación agrícola, con altos rendimientos en las cosechas y el menor riesgo de deterioro de las tierras. La clase II posee cualidades menos favorables y su productividad es menor, con algunos costos de operación. En las clases III y IV se reduce la productividad y se incrementan los riesgos y los costos, a tal punto que en la clase IV los cultivos comerciales pueden convertirse en una actividad riesgosa. La clase V tiene limitaciones severas que restringen su uso a determinadas épocas del año o que se pueden utilizar mediante costosas prácticas de adecuación. Las clases VI y VII tienen limitaciones severas y muy severas, las tierras son aptas para plantas nativas y cultivos específicos que requieren prácticas de conservación intensivas. La clase VIII agrupa tierras con limitaciones muy severas a extremadamente severas, no son aptas para cultivos y solamente deben ser utilizadas para la conservación de la vegetación natural, vida silvestre, investigación, recreación y conservación de los recursos naturales.

Las subclases son divisiones de las clases y agrupan tierras que tienen igual número y grados similares de limitaciones y riesgos en su uso y manejo. Las subclases son cinco: (p) pendiente, (e) erosión, (h) humedad, (s) suelos (fertilidad, profundidad efectiva), y (c) clima; se designan añadiendo una letra minúscula a continuación de la clase y se pueden presentar solas o en combinación. La mayoría de los limitantes son permanentes (pendiente, clima desfavorable); sin embargo, algunos pueden ser temporales y corregibles (encharcamientos) que pueden eliminarse con prácticas adecuadas (drenajes).

En la elaboración y selección de los criterios utilizados para conformar las características y los factores limitantes, solo se consideró el primer suelo "dominante" (grupo 1, de la base de datos del INEGI, serie II, 2008). Para Guatemala se utilizó como base el mapa de suelos, según clasificación del sistema FAO (Winograd y Farrow, 1998). De esta manera, se utilizaron características agroecológicas (particularmente algunas de las condiciones del suelo, cuadro 10, consideradas como factores limitantes (grados de limitación) tanto para el uso agrícola y pecuario como forestal a que pueden destinarse las tierras. Es decir, se relacionan las condiciones ambientales y las características de los suelos a las que el hombre tiene que afrontar al transformarlas o adaptarse a ellas para aprovechar mejor el suelo y demás recursos para el establecimiento y desarrollo de las distintas actividades agrícolas, ganaderas y silvícolas, sin deterioro del suelo por prolongados periodos de tiempo.

Cuadro 10. Características de las tierras para clases y subclases por capacidad de uso

| Limitación | Erosión o susceptibilidad (e) | Humedad (h) | Suelos (s) Características físicas y químicas |
|------------|-------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| | | | |

| Clase | Erosión | Topografía (t) Pendiente (%) | Drenaje natural | Susceptibilidad a inundación | Profundidad efectiva | Fertilidad |
|-------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| I | No hay | 0-3 | Bien drenado Mod.[25] bien drenado | No hay Raras-LS | Muy profundo Profundo | Alta |
| II | No hay Ligera | 0-3 3-7 | Bien drenado Mod. bien drenado Imp.[26] drenado | No hay Raras-LS | Muy profundo Profundo | Alta Media |
| III | No hay Ligera | 0-3 3-7 | Bien drenado Mod. bien drenado Imp. drenado | No hay Frec. raras-LS Frec.[27] ocasionales-MS | Profundo Mod. profundos | Alta Media Baja |
| IV | No hay Ligera Moderada | 0-3 3-7 7-12 12-25 | Mod. excesivo Bien drenado Mod. bien drenado Imp. drenado Pobre drenado | No hay Frec. raras-LS Frec. ocasionales-MS Frec. regulares- AS | Profundo Mod. profundos Superficiales | Alta Media Baja Muy baja |
| V | No hay | 0-3 3-7 | Bien drenado Mod. bien drenado Imp. drenado Pobre drenado Muy pobre drenado | No hay Raras-LS Ocasionales-MS Frec. regulares- AS | Muy Profundo Profundo Mod. profundos Superficiales Muy superficiales | Alta Media Baja Muy baja |
| VI | No hay Ligera Moderada | 0-3 3-7 7-12 12-25 25-50 | Mod. excesivo Bien drenado Mod. bien drenado Imp. drenado Pobre drenado Muy pobre drenado | No hay Frec. raras-LS Frec. ocasionales-MS Frec. regulares- AS | Muy profundo Profundo Mod. profundos Superficiales Muy superficiales | Alta Media Baja Muy baja |
| | | | Excesivo | | | |

| | | | | | | |
|------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| VII | No hay Ligera Moderada Severa | 0-3 3-7 7-12 12-25 25-50 50-75 | Excesivo Mod. excesivo Bien drenado Mod. bien drenado Imp. drenado Pobre drenado Muy pobre drenado | No hay Frec. raras-LS Frec. ocasionales-MS Frec. regulares- AS | Muy profundo Profundo Mod. Profundos Superficiales Muy superficiales Ext. [28] superficiales | Alta Media Baja Muy baja |
| VIII | No hay Ligera Moderada Severa Muy severa | 0-3 3-7 7-12 12-25 25-50 50-75 > 75 | Excesivo Mod. excesivo Bien drenado Mod. bien drenado Imp. drenado Pobre drenado Muy pobre drenado | No hay Frec. raras-LS Frec. ocasionales-MS Frec. regulares- AS | Muy profundo Profundo Mod. Profundos Superficiales Muy superficiales Ext. superficiales | Alta Media Baja Muy baja |

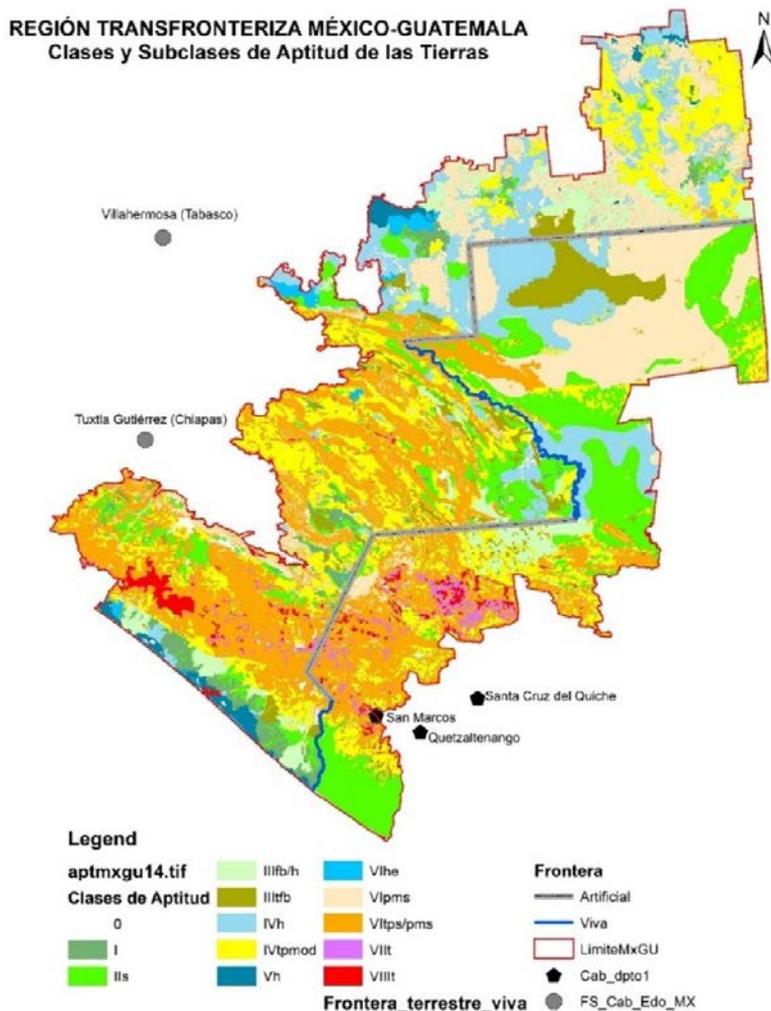
LS: Ligera susceptibilidad; MS: Moderada susceptibilidad; AS: Alta susceptibilidad.

Es importante señalar que la información asociada a las bases de datos arriba mencionadas es genérica; en este caso para fines prácticos se agrupó y clasificó, de acuerdo con los criterios definidos por los autores y acorde con los diferentes grados de limitación de las características de los suelos. En complemento se utilizaron los rangos que definen las clases por pendiente, variable que completa la base de datos utilizada para definir la aptitud de las tierras en este estudio.

Con base en los criterios definidos por los autores se construyeron en formato ráster los mapas de fertilidad, drenaje natural y profundidad efectiva, los cuales completan la base de datos para la definición y delimitación de las clases y subclases de aptitud de las tierras; el mapa de pendientes del terreno fue calculado a partir de un modelo digital de elevaciones, con resolución espacial de 15 m. Siguiendo estas variables y los criterios que definen los limitantes para cada clase y subclase de aptitud (que se muestran en el cuadro 10), se calcula el mapa de subclases de aptitud de tierras. El cálculo se hace mediante el diseño de un algoritmo condicional que se implementa a través del programa ERDAS Imagine, versión 10.0.

El mapa de la figura 27 muestra la distribución de las clases y subclases delimitadas de acuerdo con la capacidad de uso de las tierras del área de estudio; en el cuadro 11 se listan y describen las principales características y limitaciones de los suelos, el uso recomendado y algunas prácticas de manejo, para cada una de las subclases presentes en el área de estudio.

Figura 27. Clases y subclases de aptitud de las tierras



Factores limitantes. Fb: fertilidad baja; h: drenaje pobre y muy pobre; he: drenaje excesivo; pmod: suelos de profundidad moderada; ps: suelos superficiales; pms: suelos muy superficiales; t: pendiente.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, serie II, 2007; Winograd y Farrow, 2000.

Cuadro 11. Principales características y limitaciones de la clase y la subclase de aptitud

| Clases y subclases | Principales características de los suelos | Principales limitantes de uso | Uso recomendado | Prácticas generales de manejo y conservación |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | Profundos a muy profundos, texturas medias y finas, drenaje natural bien y moderadamente drenado, fertilidad alta a moderada | Suelos planos y casi planos, fáciles de labrar, que tienen pocas o ligeras limitaciones | Cultivos diversificados anuales, semiperennes y perennes adaptados a la zona, plantaciones, agroforestaría, frutales y ganadería semiintensiva (semiestabulada o estabulada) | Pueden necesitar de una preparación ligera (labrado-nivelación). Se realizan prácticas de uso consideradas usuales para la sostenibilidad y mantenimiento de la productividad |
| II (s) | Profundos a muy profundos, texturas medias y finas, drenaje natural bien y moderadamente drenado, | Moderados contenidos de nutrientes | Cultivos diversificados anuales, semiperennes y perennes adaptados a la zona, plantaciones, agroforestaría, frutales y ganadería | Fertilización según necesidades del cultivo y acorde con el análisis de suelos, rotación de cultivos y potreros, siembra de |

| | fertilidad moderada a alta | | semiintensiva (semiestabulada) | pastos mejorados |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| III (fb/h) pendiente 0-3% | Profundos y moderadamente profundos, texturas medias y finas, drenaje imperfecto o fertilidad baja | Moderados contenidos de nutrientes y pendientes ligeramente onduladas 3-7% | Cultivos anuales, semiperennes y perennes adaptados a la zona, agroforestaría, frutales y ganadería semiintensiva | Fertilización completa, rotación de cultivos y potreros, uso de variedades mejoradas. Siembra en sentido transversal a la pendiente, combinación de cultivos limpios con permanentes, rotación de potreros, evitar el sobrepastoreo |
| III (t/fb) pendiente 3-7% | Moderadamente profundos a profundos, texturas medias y finas, fertilidad baja o moderada a alta | Fertilidad baja, susceptibilidad moderada a la erosión | Cultivos comerciales adaptados a la zona y a las condiciones agroclimáticas, ganadería semiintensiva o semiestabulada | Rotación de cultivos y potreros, fertilización técnica completa, pastos mejorados que se adapten a las condiciones agroclimáticas |
| IV (h) inundaciones | Moderadamente profundos a superficiales, drenaje natural pobre a imperfecto, texturas finas, fertilidad alta | Susceptibilidad alta a encharcamientos e inundaciones frecuentes regulares | Ganadería semiintensiva con pastos mejorados y cultivos que se adapten a las condiciones de alta humedad y saturación de agua, para la protección y conservación de las coberturas vegetales naturales y cuerpos de agua | Adecuación de tierras para evitar las inundaciones y los encharcamientos, profundizar el nivel freático, canales de drenaje, fertilización técnica, rotación de potreros y de cultivos, y labranza en condiciones adecuadas de humedad |
| IV (t/mod) pendiente 7-12-25% | Bien drenados, moderadamente profundos a superficiales, fertilidad moderada a alta y texturas medias y finas | Pendientes fuertemente inclinadas con moderada susceptibilidad a la erosión y pedregosidad superficial en algunos casos | Ganadería con pastos mejorados, cultivos comerciales de plantaciones y cultivos semiperennes y perennes que se adapten a las condiciones | Construcción de terraplenes paralelos a los ríos, acequias y canales que controlen las inundaciones, rotación de potreros, aplicar riego para lavar las sales, mantener las coberturas naturales de popal-tular y vida silvestre |
| V (h) (drenaje) pendiente 0-3-7% | Drenaje natural pobre a muy pobre, texturas finas, fertilidad moderada a alta, | | Plantaciones con especies propias de la región adaptadas a las condiciones reinantes, ganadería con pastos mejorados que se adapten a las | Construir canales de drenaje y mantener las coberturas naturales de popal- |

| | | | | |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | texturas medias y finas | | condiciones de alta humedad y conservación de la vegetación natural | tular |
| VI (h) | Drenaje natural excesivo, profundos, fertilidad baja, texturas gruesas | Alta permeabilidad, baja capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes | Dejar bajo vegetación natural, en reservas naturales. Económicamente no se justifica para cultivos. En algunos lugares en zonas costeras para cultivos perennes como coco y castañas | Insumos de manejo no son justificables para los cultivos señalados, donde la buena calidad del agua freática esté al alcance del sistema radicular |
| VI (pms) | Suelos muy superficiales, bien drenados, texturas medias y finas, y fertilidad media a alta | Poca profundidad efectiva (< 25 cm), y en algunos casos pendientes fuertemente inclinadas con moderada susceptibilidad a la erosión y pedregosidad superficial | Conservación de la vegetación natural y secundaria de selvas perennifolias, vida silvestre y para silvicultura con especies propias de la región, árboles de maderas preciosas como el cedro o especies introducidas o exóticas; y en sistemas agroforestales y silvo-pastoriles con pastos mejorados | Preservar las selvas naturales aún existentes y reforestar con especies nativas como el cedro, o exóticas que se adapten a las condiciones agroclimáticas y para pastos mejorados con buen manejo de potreros, con prácticas que incluyan rotación de potreros; evitar el sobrepastoreo y la sobrecarga de ganado |
| VI (tps/pms) | Drenaje natural bien drenado, texturas finas y medias, suelos superficiales y muy superficiales, reacción fuertemente ácida en algunos casos y fertilidad variada | Alta susceptibilidad a la erosión, pendientes fuertemente escarpadas 40-75%, se presenta fuerte acidez, saturación de aluminio, baja fertilidad y poca profundidad efectiva, limitados por la roca dura o fragmentos de roca | Conservación de los bosques, selvas y vida silvestre, para protección/producción, actividades silviculturales; y producción bajo la modalidad de sistemas agroforestales | Conservar y salvaguardar las coberturas naturales del bosque mesófilo de montaña, de la selva alta perennifolia y de la vegetación secundaria arbórea existentes en estos paisajes altamente susceptibles a la degradación. Implementar planes de recuperación y conservación de suelos que logren mantener el ecosistema en equilibrio |
| | Drenaje natural | Muy poca y poca profundidad efectiva (< 10 y de 25 cm), limitados por roca dura o | Conservación, vida | Conservar y salvaguardar la vegetación natural existente en estos paisajes altamente |

| | | | | |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VII (ts) | bien drenado, extremadamente superficiales y muy superficiales, texturas medias y finas, reacción ácida a neutra y fertilidad baja a moderada | material altamente calcáreo, o fragmentos de roca en superficie, presencia de afloramientos rocosos, alta susceptibilidad a la erosión, pendientes ligeramente escarpadas (20-40%) | silvestre, protección/producción; la producción bajo la modalidad de sistemas agroforestales, principalmente para actividades silviculturales con fines de protección y producción | susceptibles a la degradación. Recuperación y conservación de suelos (restauración), mantener el ecosistema en equilibrio mediante el cultivo de especies nativas del bosque mesófilo de montaña y de la selva alta perennifolia |
| VIII (ts) | Drenaje natural bien drenado, extremadamente superficiales y muy superficiales | Pendientes escarpadas > de 75%, poca profundidad efectiva, limitada por la roca dura, muy alta susceptibilidad a la erosión | No tienen aptitud agropecuaria ni forestal. Aptas para la conservación y recuperación de la vegetación natural, vida silvestre | Se debe por todos los medios impedir que la cobertura natural existente sea intervenida. Proteger la vegetación natural, permitir la regeneración de la misma; reforestar con especies nativas y apropiadas para la conservación de los suelos y de los demás recursos naturales. Se debe controlar y tomar medidas para evitar el avance y el establecimiento de cualquier tipo de actividad antrópica |
| Asentamiento humano | | | | |
| Cuerpos de agua | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

La subclase por clima no se consideró debido a la falta de información requerida para este fin; sin embargo, cabe señalar que, de acuerdo con la propuesta de clasificación climática presentada anteriormente en este estudio, podemos indicar que las tierras en los climas cálido seco, semicálido seco, templado subtropical seco, y en menor grado las localizadas en el clima cálido semihúmedo, son tierras donde la humedad limita su capacidad de producción.

24 Se utilizó la información de suelos de Guatemala según la FAO y la base de datos de Winograd y Farrow, (1998), la cual se ajustó con información del mapa preliminar de suelos WRB de Guatemala (en construcción), e información colectada por los autores en la frontera México-Guatemala.

25 Mod: moderadamente

26 Imp: Imperfectamente

27 Frec.: frecuentes

28 Ext: Extremadamente

Capítulo 2

Propuesta de ordenamiento territorial con énfasis en sistemas agroforestales y forestales

La definición de Ordenamiento del Territorio (OT), de uso más recurrente, es la que presenta la Carta Europea de 1983, como: “La expresión espacial de las políticas económica, social, cultural y ecológica de toda sociedad. Es a la vez una disciplina científica, una técnica administrativa y una política concebida como un enfoque interdisciplinario y global cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector”. De acuerdo con Sánchez, Casado y Bocco (2014), el OT es una importante herramienta para la planeación y gestión del territorio, y un medio para avanzar y lograr un desarrollo sostenible desde una perspectiva integral.

El Ordenamiento Ambiental del Territorio (OAT) se puede definir como una herramienta de política ambiental que tiene por objeto la organización espacial de las actividades en un ámbito determinado, y que toma al ambiente en una concepción amplia —incluyente de los bienes sociales, naturales y culturales— además de considerarlo como el sustrato que hace posible la vida en sus diversas formas (Fundación Cambio Democrático y Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2011). De acuerdo con la Commonwealth of Australia, 1992: “La ordenación forestal ecológicamente sostenible estimula el desarrollo de los bosques según los principios de mantenimiento de los procesos ecológicos, mantenimiento de la diversidad biológica y optimización de los beneficios para la comunidad de todos los usos de los bosques dentro de los límites ecológicos. Se trata de obtener para la comunidad un rendimiento equilibrado de todos los usos de los bosques dentro de un marco de planificación regional que combine objetivos medioambientales, comerciales, sociales y culturales de manera que, en la medida de lo posible, se asegure la sostenibilidad de todos los valores forestales” (Davey, Hoare y Rumba, 2002).

También se define el OAT como la organización estratégica de la estructura territorial. Implica fijar una relación armoniosa entre el sistema ecológico-ambiental y el sistema espacial humano, para lograr un desarrollo sustentable más equilibrado y una mejor calidad de vida de la población. La ordenación con énfasis en sistemas forestales y agroforestales se considera en este estudio como un importante instrumento técnico de planeación para programas y políticas agroforestales y de conservación, que se

fundamenta en el análisis, clasificación y espacialización de las tierras no forestales y preferentemente forestales por funciones y subfunciones biológicas de protección, regulación, producción y restauración, con el objetivo de propiciar y fomentar una mejor administración de los recursos suelo y agua, y contribuir al desarrollo forestal y agroforestal sustentable, así como a la preservación y protección de los mismos.

La ordenación permite desarrollar instrumentos operativos para el diseño, ejecución y monitoreo de proyectos que busquen implementar políticas basadas en el desarrollo agroforestal sustentable en la región transfronteriza objeto de este análisis, teniendo como marco de acción las cuencas y subcuencas hidrológicas que componen el área de estudio. Igualmente se pretende contribuir a mejorar el bienestar de la población en zonas rurales a través de la promoción del uso apropiado y sostenible de las tierras, reduciendo los efectos derivados de usos y manejos no adecuados. La zonificación de aptitud de las tierras descrita en el apartado anterior constituye la base para la ordenación del territorio con énfasis en sistemas forestales y agroforestales que se propone en el presente estudio.

La ordenación agroforestal que se plantea aquí tiene como base fundamental el Acuerdo por el que se integra y organiza la zonificación forestal, de la Comisión Nacional Forestal de México, el cual ha sido adaptado y modificado por los autores para los propósitos del presente análisis. En dicho acuerdo, según el Artículo 4, la estructura de la zonificación forestal se encuentra diseñada atendiendo a las diversas subcategorías de información que se agrupan en:

- 1. Zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido.** Incluyen las Áreas Naturales Protegidas y Áreas Protegidas (ANP y AP) y de manejo especial por decreto, que de ahora en adelante en conjunto se denominan Áreas Naturales Protegidas, las cuales no han sido intervenidas o han sufrido muy poca alteración. Las zonas de aprovechamiento restringido o prohibido representan las tierras que en la actualidad tienen actividad agropecuaria, que deben estar sometidas a intensas prácticas de conservación, uso y manejo acorde con su aptitud. En el caso de Guatemala las ANP tienen una zona de amortiguamiento, en la cual se deben evitar actividades que la afecten de forma negativa. En estas áreas reciben atención inmediata y prioritaria los programas de educación ambiental y uso sostenible de recursos que se permiten.
- 2. Zonas de producción / aprovechamiento.** Son tierras que presentan diferente grado de aptitud agrícola, agroforestal y forestales; tierras arables y no arables, que actualmente se encuentran bajo diversos usos: agrícolas (cultivos anuales, semipermanentes y permanentes con y sin riego), pecuarios (pastoreo-pastos naturales e introducidos-mejorados), sistemas agroforestales, forestales y tierras en acahuales.
- 3. Zonas de restauración.** Son tierras de aptitud forestal bajo otros usos o en proceso de degradación por uso y manejo inadecuados (deforestación, quemas, agricultura anual en zonas de ladera). Comprenden tierras escarpadas con alta susceptibilidad a la erosión que requieren ser reforestadas con fines de restauración y protección. A estas categorías se les agrega una cuarta, la zona de regulación.
- 4. Zona de regulación.** Se incluyen los humedales y cuerpos de agua (ríos, lagos) en las zonas bajas, los cuales juegan un papel fundamental en la regulación de los

escurrimientos que provienen de las partes altas (esta unidad por su extensión y coincidencia con las ANP queda en la (1) zona de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido.

A continuación se describen los criterios que se usaron para la delimitación de las diferentes zonas, subzonas y unidades de manejo.

I. **Zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido.** Estas zonas son determinadas por condiciones naturales específicas o por el estatus de protección que se les ha determinado. Incluyen cinco subzonas:

A. Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas (ANP) y Áreas Protegidas (AP) (conservación/protección). Se consideran aquellas áreas naturales federales/nacionales y estatales/departamentales de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp-México) y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap-Guatemala) sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo; y estas a la vez se separaron según categorías establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y el reglamento de ley de Áreas Protegidas para México y Guatemala, respectivamente. Incluye dos unidades de manejo:

i) **Conservación-protección.** Comprende las áreas con vegetación natural poco intervenida y vegetación arbórea de bosques y selvas.

ii) **Regulación.** Área con vegetación de humedales.

B. Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas-restauración. Áreas con cobertura actual de vegetación arbustiva.

C. Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas-aprovechamiento restringido. Tierras para aprovechamiento en sistemas agroforestales.

D. Subzona de amortiguamiento en Áreas Naturales Protegidas, con pendientes menores de 12%, actualmente con vegetación de bosques y selvas o con algún tipo de actividad agropecuaria.

E. Subzona de tierras para la conservación-protección. Se consideran aquellas áreas con vegetación natural (selvas, bosques) con pendientes escarpadas (mayores a 25 por ciento).

II. **Zona de producción / aprovechamiento.** Estas zonas tienen condiciones de vegetación y suelo aptos para la producción agrícola, pecuaria y forestal en forma sostenida, incluyendo en esta última la madera y otros productos no maderables con múltiples usos tales como leña, construcción, materiales para muebles, cercos muertos y vivos, especies para alimentación humana, especies para forraje, especies medicinales y para artesanías; comprenden dos subzonas:

A. Subzona de tierras arables con aptitud alta a baja. Comprende las tierras con limitaciones ligeras, moderadas a severas para la producción agrícola, pecuaria y silvícola (plantaciones forestales); las limitaciones se determinan con base en la pendiente, la fertilidad y la profundidad del suelo, la condición de drenaje, la susceptibilidad a la erosión y a las inundaciones y encharcamientos. Se incluyen cuatro unidades de manejo:

- i) **Aprovechamiento en tierras con limitaciones ligeras** para la producción agrícola, pecuaria y forestal.
- ii) **Aprovechamiento en tierras con limitaciones severas** (suelos muy superficiales) para la producción agropecuaria y forestal.
- iii-iv) **Aprovechamiento en tierras con aptitud restringida a ciertos usos**, comprende las tierras con drenaje pobre, muy pobre, y susceptibilidad alta y muy alta a inundaciones y encharcamientos con limitada aptitud para la ganadería y plantaciones forestales, con especies mejoradas y adaptadas a las condiciones propias de estos ambientes.

B. Subzona de tierras de ladera con aptitud moderada a muy baja. Se incluyen las tierras de ladera fuertemente inclinadas a moderadamente escarpadas con pendientes mayores a 12%; suelos superficiales y muy superficiales. Se consideran cuatro unidades de manejo:

- i) **Aprovechamiento en tierras con limitaciones moderadas para la producción**, pendientes ligeras a moderadamente quebradas entre 12 y 25%, dedicadas a pastizales en su mayor parte.
- ii) **Aprovechamiento en tierras con limitaciones moderadas para la producción**, pendientes moderadamente quebradas entre 12 y 25%, con vegetación arbustiva o arbórea.
- iii) **Aprovechamiento limitado en tierras con pendientes fuertemente quebradas (25-50%)** y suelos con poca profundidad efectiva.
- iv) **Aprovechamiento limitado en tierras con pendientes moderadamente escarpadas (50-75 por ciento).**

III. Zona de restauración-protección-conservación. Son terrenos de aptitud forestal dedicados a otros usos o que están en proceso de degradación por uso y manejo inadecuado, deforestación, quemas y otros factores. Incluyen terrenos con alta susceptibilidad a la erosión (severa), que requieren ser reforestados con fines de restauración y protección; se incluyen dos subzonas:

A. Subzona de tierras de ladera con pendientes ligeramente escarpadas (25-50%), para restauración-producción. Comprende tierras de aptitud forestal y agroforestal dedicadas a otros usos. Incluye una unidad de manejo.

B. Subzona de tierras de ladera para restauración-conservación. Comprende tierras con pendientes moderadamente escarpadas (50-75% y mayores), de aptitud forestal y agroforestal dedicadas a otros usos. Incluye dos unidades de manejo.

La ordenación forestal que se propone es resultado de un análisis multicriterio donde se analizan y evalúan múltiples criterios conflictivos de las tierras, como son los diferentes factores y grados en cuanto a las limitaciones (ej. propiedades fisicoquímicas de los suelos, pendientes) en la toma de decisiones, en el que las pautas o guías de ordenación antes descritos se modelan mediante reglas de decisión, mismas que se implementaron mediante un algoritmo condicional, utilizando el módulo Modeller de ERDAS Imagine, versión 10.0. La zonificación de aptitud de uso de las tierras, la cobertura vegetal y uso, y los polígonos de las Áreas Naturales Protegidas (ANP-AP) fueron las bases cartográficas y alfanuméricas sobre las cuales operan las reglas de decisión antes mencionadas. Como resultado de este proceso se delimitaron y describen en el área de estudio 22 unidades de manejo, agrupadas en zonas y subzonas, cuyas características principales se muestran en el cuadro 12 y su distribución espacial en la figura 28.

Cuadro 12. Zonas, subzonas y unidades de manejo

| Zonas | Subzonas | Unidades de manejo | Símbolo | Observaciones |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | A- Áreas naturales protegidas Conservación Protección Regulación | i. Conservación-protección | CAp | Áreas en bosques y selvas |
| | | | CAp1 | Áreas en vegetación arbórea de bosques y selvas en área protegida de uso múltiple |
| | | ii. Regulación | RGAnp | Áreas con vegetación de humedales y cuerpos de agua |
| B. Restauración | | i. Restauración | CAR | Áreas con vegetación arbustiva principalmente de selva |
| C. Aprovechamiento restringido | | i. Aprovechamiento restringido | CAa | Áreas bajo usos agropecuarios. Se pueden aprovechar en sistemas agroforestales como zonas de amortiguamiento o barrera, que delimiten a los sistemas tradicionales de uso de la tierra |
| | | ii. Aprovechamiento restringido | CAa1 | Áreas con agricultura permanente, principalmente café y mango. Uso restringido e implementar prácticas de uso y de manejo e impedir el avance de la frontera agropecuaria |
| | | | | Áreas bajo usos |

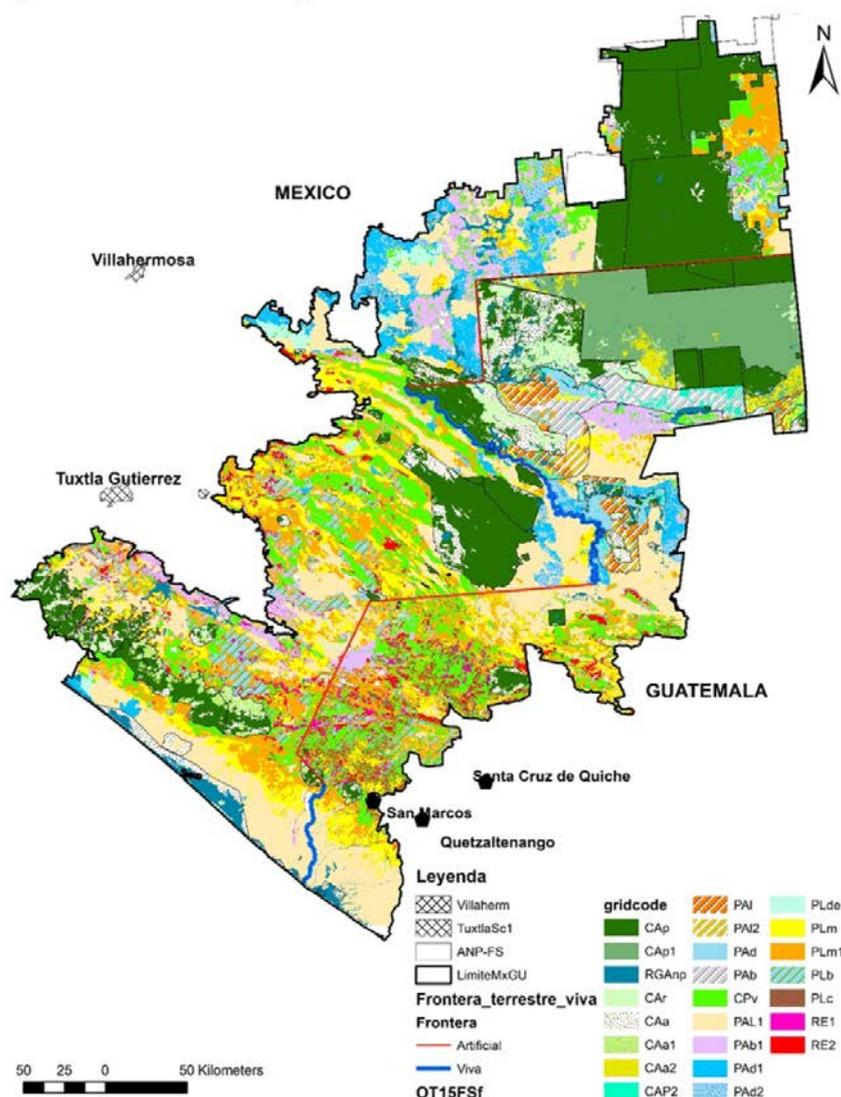
| | | | | |
|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO RESTRINGIDO | | III. Aprovechamiento restringido | CAa2 | agropecuarios. Uso y aprovechamiento restringido sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales e impedir el avance de la frontera agropecuaria |
| | D. Zona de Amortiguamiento | I. Conservación-protección | CAp2 | Áreas con vegetación arbórea de bosques y selvas, de pendientes menores a 12%. Áreas para conservación de bosques y selvas |
| | | II. Aprovechamiento | PAI | Áreas en pastizales-ganadería. Presentan limitaciones ligeras para la producción; se pueden aprovechar en agricultura y sistemas agroforestales con moderadas prácticas de manejo |
| | | III. Aprovechamiento restringido | PAb | Áreas de suelos muy superficiales que limitan la producción agrícola; se pueden aprovechar en sistemas agroforestales con intensas prácticas de manejo, su uso actual en su mayor parte en pastizales |
| | | IV. Aprovechamiento restringido | PAd | Tierras mal drenadas, sujetas a encharcamientos, se pueden aprovechar en agricultura y pastizales con intensas prácticas de manejo, en su mayor parte en pastizales |
| E. Conservación-protección | I. Conservación-protección | CPv | Áreas con vegetación natural de bosques y selvas, en pendientes mayores a 25% y suelos muy superficiales y extremadamente superficiales. Mantener y conservar la vegetación natural y salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres | |
| | | I. Aprovechamiento | PAL1 | Limitaciones ligeras para la producción, se pueden aprovechar en sistemas de producción agrícolas, pecuarios, forestales y sistemas agroforestales Actualmente se encuentran en pastizales |

| | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO | A. Tierras con aptitud alta/moderada a baja | | | y agricultura |
| | | ii. Aprovechamiento | PAb | Limitaciones severas, suelos muy superficiales; se pueden aprovechar en sistemas forestales y agroforestales. Áreas con pastizales |
| | | iii. Aprovechamiento | PAd | Drenaje pobre y muy pobre, sujetas a encharcamientos. Tierras de aprovechamiento restringido, requieren prácticas intensivas de uso y manejo para mejorar las condiciones de mal drenaje, con especies que se adapten a las condiciones y bajo sistemas sustentables silvopastoriles y pecuarios. Áreas en su mayor parte en pastizales |
| | | iv. Aprovechamiento | PAd1 | |
| | B. Tierras de ladera con aptitud moderada a muy baja | i. Aprovechamiento aptitud moderada | PLm | Pendientes fuertemente onduladas (12-25%), se pueden aprovechar en sistemas agroforestales con moderadas prácticas de manejo; su uso actual en pastizales y agricultura |
| | | ii. Aprovechamiento aptitud moderada | PLm1 | Pendientes fuertemente onduladas (12-25%), se pueden aprovechar en sistemas agroforestales con moderadas prácticas de manejo; actualmente en acahuals (vegetación arbustiva), usos agropecuarios (pastizales y agricultura) |
| | | iii. Aprovechamiento aptitud baja | PLb | Pendientes fuertemente quebradas (25-50%), suelos superficiales y muy superficiales. Se pueden aprovechar en sistemas agroforestales con moderadas a intensas prácticas de manejo. Actualmente se encuentran en agricultura permanente (café) o vegetación arbustiva |
| iv. | | | Pendientes moderadamente escarpadas (50-75%). Se debe mantener la vegetación arbustiva y | |

| | | | | |
|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | iv. Aprovechamiento aptitud muy baja | PLc | aprovechar en sistemas agroforestales con intensas prácticas de uso y manejo. Áreas con agricultura permanente (café) o vegetación arbustiva |
| III RESTAURACIÓN | A. Restauración- producción | i. Restauración- producción | RE1 | Áreas con agricultura anual, en pendientes fuertemente quebradas (12-25-50%), se pueden aprovechar en sistemas agroforestales con moderadas a intensas prácticas de manejo |
| | B. Restauración- conservación | i. Restauración | RE2 | Áreas con agricultura anual, en pendientes moderadamente escarpadas (50-75%), áreas aptas para la restauración y conservación de la vegetación natural o se recomienda reorientar su uso actual a uno más sustentable bajo sistemas agroforestales |
| | | ii. Restauración- conservación | RE3 | Áreas con vegetación arbustiva, en pendientes moderada a fuertemente escarpadas (50-75 y > 75%); se recomienda restaurar estas áreas a su vegetación natural para la conservación y requieren de intensas prácticas de manejo (conservación de suelos) y vida silvestre |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Unidades de ordenación agroforestal



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, serie VI, 2016; Conanp, 2014; Segeplan, 2013.

A continuación, se hace una descripción breve de las unidades de manejo; en el caso de las unidades en las Áreas Naturales Protegidas y Áreas Protegidas se debe tener presente acatar, implementar y ratificar los decretos por ley instituidos mediante los cuales se declaran de interés nacional la restauración, protección, conservación y el manejo del patrimonio cultural y natural de los mexicanos y guatemaltecos.

- I. **Zona de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido.** La conservación se define como el conjunto de actividades que están dirigidas a garantizar la protección de aquellas áreas que cuentan con un alto valor biológico, tanto por la biodiversidad que mantienen, como por su papel en la captación de agua, conservación de suelos y control de contaminantes (Saavedra y López, 2015). Se consideran zonas de conservación-protección aquellas áreas que presentan una cobertura natural muy poco intervenida o sin intervención. Estas zonas son determinadas por condiciones naturales específicas o por el estatus de protección que se les ha decretado. En el área de estudio esta zona comprende cinco subzonas:

A. Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas para la conservación y

protección. Una de las características fundamentales que tiene el área de estudio es que aproximadamente 48% está conformada por tierras decretadas como Áreas Naturales Protegidas, que suman un total de 48 polígonos (23 en México y 25 en Guatemala), lo que comprende un total de 56 006.12 km²; por su extensión se destacan en la zona del Petén en Guatemala el biotopo protegido Laguna del Tigre, la Reserva de Uso Múltiple y el Parque Nacional de Tikal; en México las Reservas de la Biósfera de Montes Azules, El triunfo, La Sepultura y el Área de Protección de Recursos Naturales reservas de la Biósfera La Frailesca. Incluye tres unidades de manejo.

i. **Conservación-protección (CAp).** Se consideran en esta unidad de manejo las áreas con coberturas naturales y vegetación arbórea de bosques y selvas, con un predominio de este último ecosistema. Ocupan una extensión de 87 680.1 ha. La recomendación para estas áreas es la conservación y protección de los recursos naturales (vida silvestre); y en el caso de la unidad con coberturas de vegetación arbórea permitir la regeneración natural y hacer actividades de restauración y conservación con especies nativas y propias de la región.

ii. **Conservación-protección (CAp1).** Se consideran en esta unidad de manejo las áreas con coberturas naturales y vegetación arbórea de bosques y selvas. La conforman las tierras del área protegida de uso múltiple en el Petén guatemalteco. Estas áreas podrían designarse como zonas, donde la conservación sea un objetivo primario en sí mismo; de igual manera, dar importancia y prioridad a la investigación y educación ambiental y forestal.

iii. **Regulación en Áreas Naturales Protegidas (RGAnp).** Comprende esta área vegetación de humedales y cuerpos de agua, los cuales deben ser conservados y protegidos; estas áreas juegan un papel fundamental en la regulación de escurrimientos provenientes de la parte alta de las cuencas, principalmente del río San Pedro y de ríos que desembocan en el océano Pacífico, especialmente en la reserva de La Encrucijada, en México.

B. Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas para la restauración.

i. **Unidad de manejo para restauración (CAr).** Se localiza en las Áreas Naturales Protegidas de Tzama Cun Pumib y del Cañón de Usumacinta, y ocupan una extensión de 25 671.35 ha. Corresponde a aquellas áreas de relieves ligeramente inclinados con pendientes menores a 12%; en la actualidad se encuentra con vegetación secundaria arbustiva. Se recomienda la restauración en estas áreas hacia la condición natural original, que en su mayor parte corresponde a selva alta perennifolia.

C. Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas para aprovechamiento restringido. Corresponden a tierras que en la actualidad tienen algún uso agropecuario. Se incluyen tres unidades de manejo:

i. **Unidad de manejo para aprovechamiento restringido (CAa).** Se localiza principalmente en las Áreas Naturales Protegidas biotopo Laguna del Tigre en

Guatemala, y en pequeños sectores de la Reserva de la Biósfera de Montes Azules en México. Corresponde a aquellas áreas con uso actual de pastizales y agricultura anual. Se recomienda hacer un aprovechamiento restringido y sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales que pueden incluir sistemas silvoagrícolas, agrosilvopastoriles y silvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se ubique. Es importante el uso y manejo adecuado de estas áreas para impedir el avance de la frontera agropecuaria y la explotación de los recursos naturales con la consecuente degradación de las tierras.

ii. **Unidad de manejo para aprovechamiento restringido (CAa1).** Se localiza principalmente en las Áreas Naturales Protegidas de la Reserva de la Biósfera El Triunfo y La Frailescana, en la costa pacífica mexicana. Representan aquellas áreas en que el uso actual corresponde principalmente a cultivo permanente (café). Se recomienda en estas zonas continuar bajo la actual modalidad de café bajo sombrío (sotobosque) e impedir el avance de la frontera agropecuaria y hacer un aprovechamiento restringido y sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir sistemas silvoagrícolas, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se sitúe.

iii. **Unidad de manejo para aprovechamiento restringido (CAa2).** Se localiza en el Área Natural Protegida de uso múltiple en el Petén guatemalteco. Corresponde a aquellas áreas en que el uso actual son pastizales y agricultura anual. Se recomienda en estas áreas hacer un aprovechamiento restringido y sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir sistemas agrosilvopastoriles, silvoagrícolas y silvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se ubique.

D. **Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas en área de amortiguamiento.** Se localiza exclusivamente en el Petén guatemalteco e incluye cuatro unidades de manejo:

i. **Conservación-protección (CAp2).** Se consideran en esta unidad de manejo las áreas con coberturas naturales y vegetación arbórea de selvas; se recomienda principalmente su conservación, o en su defecto hacer un uso sustentable de la tierra con buenas e intensas prácticas de uso. Se pueden aprovechar igualmente en actividades propias de la investigación, educación ambiental y forestal, y con fines recreativos y usos sustentables orientados al cuidado y preservación de la naturaleza.

ii. **Unidad de manejo para aprovechamiento (PAI/PAI2).** Corresponde a tierras con limitaciones ligeras para la producción agrícola; el uso actual corresponde a pastizales y palma africana. Por su condición de área de amortiguamiento se recomienda hacer un aprovechamiento restringido y sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir sistemas silvoagrícolas, agrosilvopastoriles y silvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural.

iii. **Unidad de manejo para aprovechamiento (PAb).** Corresponde a tierras con suelos muy superficiales, lo cual constituye una limitación severa para la producción agrícola; el uso actual corresponde en su mayor parte a pastizales. Por su condición de área de amortiguamiento se recomienda hacer un aprovechamiento restringido y sustentable en la modalidad de sistemas forestales y agroforestales, en particular con especies propias de la región o con especies adaptadas a las condiciones edafológicas de poca profundidad radicular y del medio natural en que se ubique.

iv. **Unidad de manejo para aprovechamiento (PAd).** Corresponde a tierras con suelos de drenaje pobre (mal drenados), lo cual constituye una limitación moderada para la producción agrícola, el uso actual corresponde en su mayor parte a pastizales. Por su condición de área de amortiguamiento, se recomienda hacer un aprovechamiento restringido y sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir sistemas silvoagrícolas, agrosilvopastoriles y silvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se sitúe.

E. **Subzona de tierras para conservación-protección.** En esta subzona se incluyen las tierras fuera de las ANP, con pendientes mayores a 25% y donde aún se presenta la vegetación natural con poco grado de alteración, constituida por bosques, selvas y vegetación ripariana; su conservación es esencial para salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva, así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional. La conforma una unidad de manejo:

I. **Protección-conservación (CPv).** Corresponde a aquellas áreas delimitadas en la zonificación por capacidad de uso como clases VI, VII y VIII, con pendientes mayores a 25%, y con suelos muy a extremadamente superficiales (la roca se encuentra a 25 cm o menos de 10 cm). Es prioridad en esta unidad conservar y preservar la vegetación natural de bosques, selvas y vegetación riparia para asegurar la preservación de la biodiversidad del territorio.

II. **Zona de producción-aprovechamiento.** Se incluyen aquí las tierras con aptitud desde alta a muy baja, tanto de zonas bajas como de ladera que se pueden aprovechar en la producción agrícola, pecuaria, forestal o bajo sistemas agroforestales; comprenden dos subzonas:

A. **Subzona de tierras arables con aptitud alta a baja para la producción.** Estas zonas tienen condiciones de vegetación y suelos apropiados para la producción agrícola, pecuaria y forestal, en forma sostenida, incluyendo en esta última la madera y otros productos no maderables con múltiples usos, tales como leña, construcción, materiales para muebles, cercos muertos y vivos, especies para alimentos y medicinas para la población, especies para forraje y para artesanías. Incluye tres unidades de manejo:

I. **Tierras con aptitud alta para la producción (PAI1).** Corresponden a áreas con

limitaciones ligeras para la producción, el uso actual corresponde en su mayor parte a pastizales y agricultura. Se recomienda en estas áreas hacer un aprovechamiento sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir sistemas agrícolas, pecuarios, plantaciones forestales, agrosilvopastoriles y silvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural. Son aptas para el establecimiento de sistemas de producción, ya sean agrícolas, pecuarios o forestales.

ii. **Tierras bajas con aptitud baja para la producción (PAb1).** Pertenece a áreas con suelos muy superficiales, lo cual constituye una limitación severa para la producción agrícola; el uso actual corresponde en su mayor parte a pastizales. Se recomienda en estas áreas hacer un aprovechamiento restringido y sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se ubique.

iii. **Unidad de manejo para aprovechamiento restringido a ciertos usos (PAd1-PAd2).** Corresponde a tierras con suelos de drenaje pobre a muy pobre, lo cual constituye una limitación moderada a fuerte para la producción agrícola; el uso actual corresponde en su mayor parte a pastizales. En estas áreas se requieren prácticas de uso y manejo para mejorar las condiciones de mal drenaje, así como hacer un aprovechamiento restringido, y sustentable en la modalidad de sistemas silvopastoriles, en particular con especies que se adapten a las condiciones de mal drenaje.

B. Subzona de tierras de ladera con aptitud moderada a muy baja para la producción. Incluye cuatro unidades de manejo:

i-ii. **Tierras con aptitud moderada para la producción (PLm-PLm1).** Corresponden a áreas con limitaciones ligeras a moderadas para la producción, con pendientes de 12-25-50%; el uso actual corresponde en su mayor parte a pastizales y agricultura (PLm) o vegetación arbustiva (PLm1). Se recomienda en estas áreas hacer un aprovechamiento sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir agricultura semipermanente o permanente, pecuarios y agrosilvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio.

iii. **Tierras con aptitud baja para la producción (PLb).** Corresponden a tierras de aptitud baja, son áreas con limitaciones fuertes para la producción agrícola (cultivos limpios), con pendientes de 25 a 50%; el uso actual corresponde en su mayor parte a vegetación arbustiva. Se recomienda en estas áreas hacer un aprovechamiento sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir agricultura permanente y sistemas silvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural.

iv. **Tierras con aptitud muy baja para la producción agrícola (PLc).** La conforman áreas con aptitud muy baja, con limitaciones severas para la producción agrícola (pendientes de 50 a 75%); el uso actual corresponde en su mayor parte a agricultura permanente (café) o vegetación arbustiva. Se recomienda en estas áreas hacer un

aprovechamiento sustentable en la modalidad de sistemas agroforestales, que pueden incluir agricultura permanente, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural.

III. Zona de restauración-protección-conservación. La restauración ambiental se define como el conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de áreas que por sus características del relieve (pendientes muy escapadas, suelos muy superficiales) no son aptas para el establecimiento de algún sistema productivo, sino más bien para la conservación de la vegetación natural, que propicie un adecuado flujo hidrológico y evite la degradación de la tierra. Se consideran zonas de restauración ambiental aquellas áreas que presentan algún uso no acorde con su aptitud, o que están en algún proceso de degradación (incendios, erosión), en donde la vegetación natural ha sido reemplazada o eliminada parcial o totalmente. Estas zonas comprenden dos subzonas:

A. Subzona de tierras de ladera para restauración. Producción con aptitud moderada para la producción, incluye una unidad de manejo:

I. Tierras para restauración con aptitud moderada para la producción (RE1). Corresponden a áreas con limitaciones severas para la producción, con pendientes de 50-75%; el uso actual corresponde en su mayor parte a agricultura anual. Se recomienda restaurar la vegetación original o reorientar su uso actual a uno más sustentable, que puede incluir sistemas agroforestales, con cultivos semipermanentes y permanentes, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural.

B. Subzona de tierras de ladera para restauración-conservación con aptitud muy baja para la producción. Incluye dos unidades de manejo:

I. Tierras para restauración con aptitud muy baja para la producción (RE2). Corresponden a áreas con limitaciones moderadas a severas para la producción, con pendientes moderadamente escarpadas (25-50-75%), en la actualidad dedicadas a la agricultura anual y permanente (café). Aunque el uso más adecuado para estas áreas es la conservación de la vegetación natural, y dado a que están sujetas a una fuerte presión antrópica, se recomienda restaurar estas áreas o reorientar su uso actual a uno más sustentable, que puede incluir sistemas agroforestales con cultivos permanentes, especies adaptadas a las condiciones del medio natural, intensas prácticas de manejo (conservación de suelos) y vida silvestre.

Como ya se explicó anteriormente, este análisis y sus respectivos resultados corresponden a las diferentes características reinantes y condiciones particulares de la región en aspectos biofísicos (relieve, geología, suelos, clima, vegetación), de tal manera que permitan la ordenación del territorio desde una perspectiva de la capacidad de uso de las tierras con énfasis en sistemas agroforestales y forestales, encaminados a mejorar el bienestar de la población y desarrollo de la región de acuerdo con los usos y manejos más adecuados y sustentables, así como permitir la utilización y aplicación de la ordenación para implementar y desarrollar instrumentos operativos para el diseño, ejecución y

monitoreo de proyectos que busquen establecer políticas en la región basadas en el desarrollo agroforestal, forestal y de conservación del territorio.

La implementación de los diversos programas relacionados con los sistemas de producción y de conservación representa un gran reto interinstitucional (Conafor, Sagarpa, Conabio, Ecosur) que conlleve a conformar programas para la región a nivel de cuencas, municipio y comunidad. Es necesario resaltar que, para abordar el estudio a estos niveles, la información sobre los componentes bióticos, físicos y socioeconómicos debe ser más detallada (1:100.000-1:50.000) que la disponible (escala 1:250.000).

Consideraciones generales para una aproximación al desarrollo rural transfronterizo

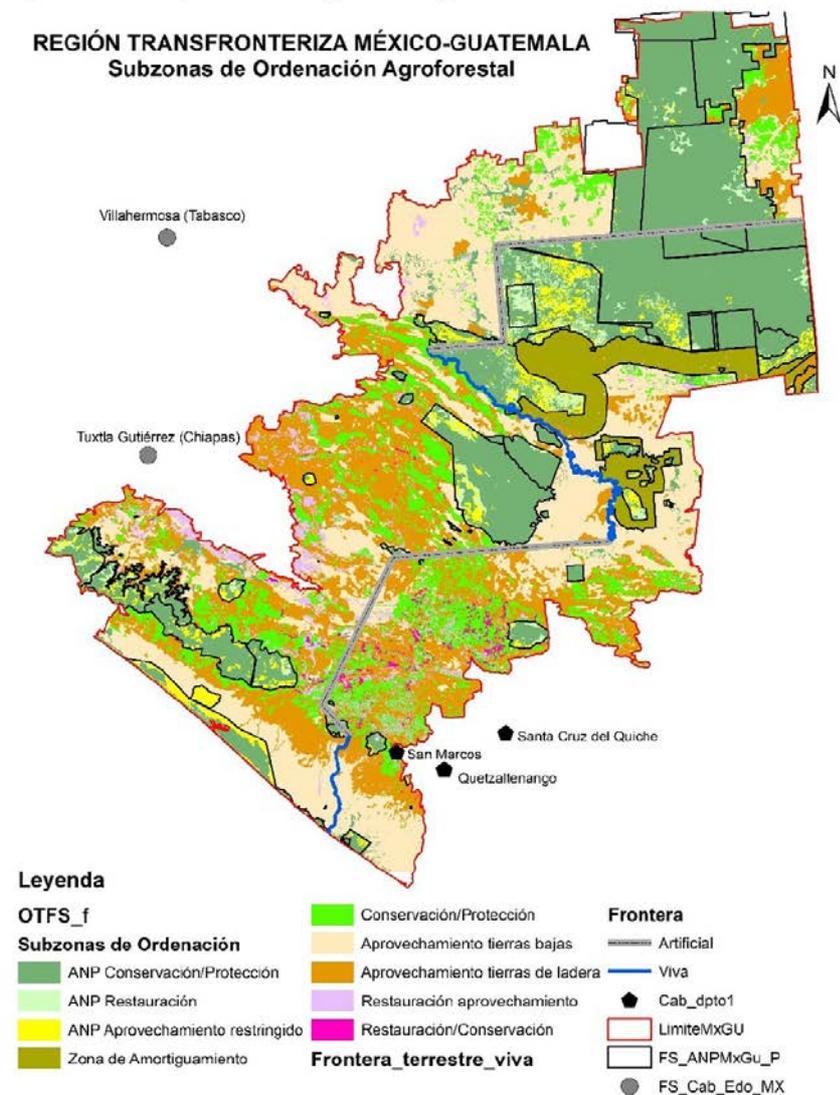
Con base en la regionalización propuesta para el área transfronteriza de análisis considerada en este texto, a continuación se presentan algunas consideraciones generales sobre las acciones de desarrollo rural que se podrían impulsar e implementar en el área. En la figura 29 se muestra una propuesta de ordenación, a nivel de subzonas, de la distribución espacial de las tierras para actividades de aprovechamiento agroforestal, conservación y restauración, desde una perspectiva sustentable y de conservación de los recursos naturales.

Un aspecto muy particular del área de estudio es la presencia de una extensión considerable de tierras bajo protección legal (Áreas Naturales Protegidas-Áreas Protegidas), de acuerdo con los marcos jurídicos establecidos en cada país para tales fines; es así que alrededor de 48% del área, que corresponde a 56 006.12 km², está protegida bajo dicha regulación. Esta área incluye cuatro subzonas:

- 1) Área para conservación y protección, cuya característica particular es que, en la actualidad, gracias al marco regulatorio que la protege, aún conserva en su mayor parte la vegetación natural de bosques y selvas, por lo tanto se hace todavía más pertinente y procedente mantener el cuidado, la protección y conservación de estas áreas preservadas.
- 2) El área para restauración de la vegetación natural comprende tierras con vegetación arbustiva-acahuales, las cuales en lo posible se deben retornar a su condición primaria, o hacer uso sustentable según las características y limitantes determinados en la capacidad de uso de las tierras.
- 3) Tierras de aprovechamiento restringido, que corresponden a áreas donde se desarrollan actividades agropecuarias. Se recomienda para estas áreas restaurarlas en lo posible a su condición original, o en su defecto hacer un uso restringido (sistemas agroforestales y forestales) que incluya intensas prácticas de uso y manejo.
- 4) Área de amortiguamiento, en la cual se pueden desarrollar actividades productivas bajo un concepto de sustentabilidad. Una actividad a la cual se le debe dar impulso en estas

áreas es al turismo ecológico, desarrollando nueva infraestructura y mejorando la existente, y en general el impulso de las actividades necesarias para el desarrollo de dicha actividad.

Figura 29. Subzonas para ordenación agroforestal, región transfronteriza



Fuente: Elaboración propia con datos de la Conanp, 2014; Segeplan, 2013.

El resto del área de análisis se distribuye en dos actividades importantes a desarrollar:

1) La primera de restauración, la cual incluye dos subzonas:

a) una primera de restauración/aprovechamiento, que corresponde a áreas de ladera con aptitud moderada para la producción. En la actualidad se desarrolla agricultura de temporal, aunque esta actividad no es muy aconsejable debido a los procesos de degradación que detona (erosión hídrica, reducción de la fertilidad), ya que se trata de tierras fuertemente inclinadas con pendientes entre 12 y 25%. En estas áreas se recomienda la recuperación de la vegetación natural, o en su defecto reconvertirlas a actividades agroforestales-silvopastoriles con cultivos permanentes y semipermanentes, con buenas prácticas de manejo y conservación.

b) La segunda subzona, que corresponde a pequeñas áreas en ambos países, y no por ello

menos importantes, son áreas que por su condición de fuertes pendientes (mayores de 50%) no son aptas para las actividades agrícolas tradicionales (cultivos limpios) y actividades de rosa-tumba-quema, salvo sistemas agroforestales y forestales con intensas prácticas de manejo y conservación, o en lo posible se debe restaurar la vegetación original.

2) La segunda de aprovechamiento, actividad a desarrollar en el resto del área de estudio; por sus condiciones agroecológicas y su potencialidad para la producción agroforestal, comprende dos grandes áreas o subzonas:

a) Tierras bajas con limitaciones desde ligeras hasta severas para la producción agropecuaria; las limitaciones severas se relacionan con la presencia de suelos muy superficiales; el resto de las tierras bajas tiene limitaciones de ligeras a moderadas, ya sea relacionadas con la fertilidad o con el drenaje. En general esta área es la que ofrece el mayor potencial para el desarrollo rural que implique la producción sustentable agrícola y pecuaria.

b) Tierras de ladera con aptitud moderada a muy baja para la producción agropecuaria; la limitación en estas tierras está relacionada principalmente con las fuertes pendientes, por lo que se recomienda el desarrollo de sistemas agroforestales (con cultivos semipermanentes y permanentes) y silvopastoriles o para la restauración y conservación forestal.

El área de estudio aquí analizada está conformada desde el punto de vista hidrológico por tres sectores bien definidos: la gran cuenca Grijalva-Usumacinta, que comprende más de la mitad del área (aproximadamente 65%, siendo la del Usumacinta la más importante con un 48% del área), las cuencas del Candelaria, río Hondo y otras cuencas menores en la península de Yucatán (24%) y la región Pacífico (10.8 por ciento).

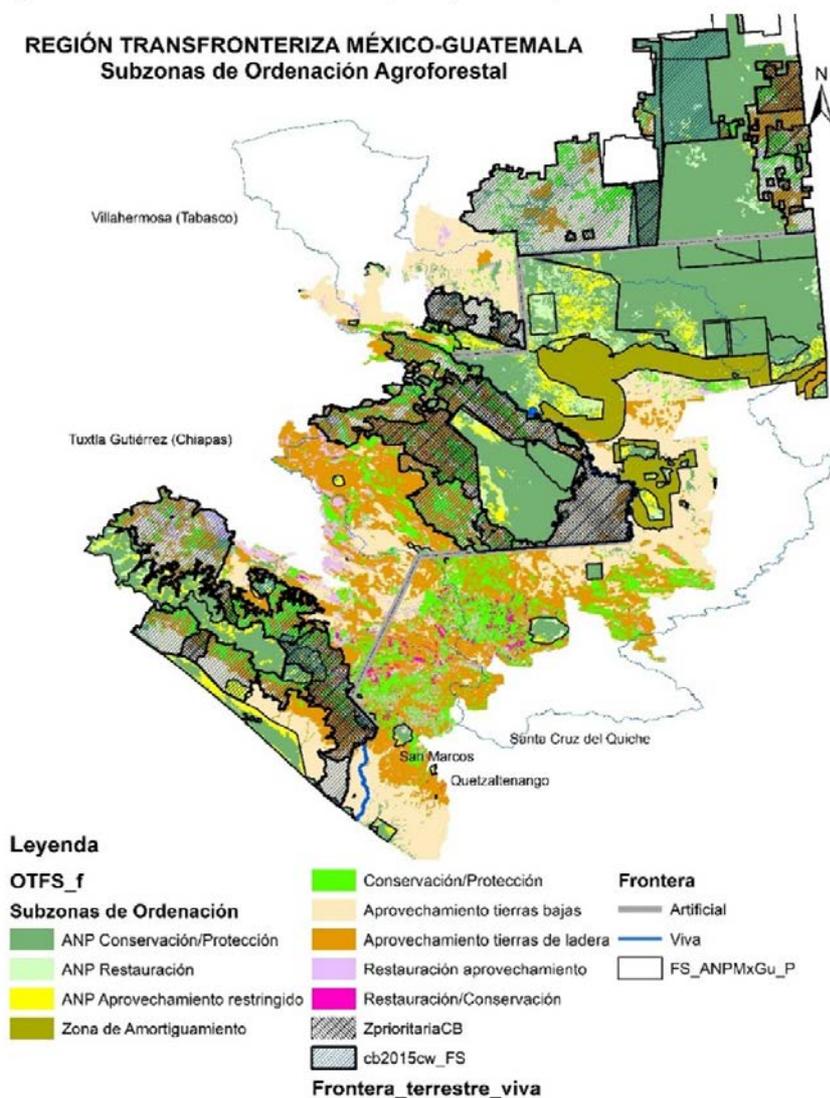
Si consideramos a la cuenca hidrográfica como una unidad espacial de análisis determinante para los procesos de planeación del uso de la tierra, y por lo mismo para la implementación de políticas públicas y programas de desarrollo, los sectores hidrológicos antes mencionados pueden en principio considerarse como punto de partida para el diseño de programas y proyectos de desarrollo en el marco de la sustentabilidad y de la conservación de los recursos naturales, en los que puedan involucrarse los dos países. De acuerdo con March y Castro (2010), estos planes de desarrollo sustentable a nivel binacional podrían enmarcarse en los convenios y acuerdos que ya se han establecido para fomentar la cooperación entre México y Guatemala, como los de la Comisión Mexicana para la Cooperación con Centroamérica (1997), los del encuentro Tuxtla II (1996), y los de las reuniones del Diálogo Interamericano para el Manejo del Agua (Declaración de Miami, 1993; Declaración de Buenos Aires, 1996).

Mesoamérica es una de las regiones biológicamente más diversas del planeta; [29] el área de estudio, por su ubicación en esta región, tiene una alta prioridad ecológica y ambiental, aspecto que se debe vincular y tener en mente cuando se diseñen programas e implementen proyectos de desarrollo, los cuales deben estar en armonía con los principios de conservación de la biodiversidad de la zona. Para ello será muy útil considerar las áreas definidas en el corredor biológico mesoamericano tanto en México (figura 30) como a nivel

regional México, Guatemala y Belice (figura 31). March y Fernández (1998) destacan la importancia de la cuenca del río Usumacinta compartida por México y Guatemala, dado que alberga una biodiversidad privilegiada y de enorme importancia hídrica y por los servicios ambientales que presta, además de ser también una de las cuencas con mayor potencial económico debido a sus cuantiosos y valiosos recursos energéticos, forestales, culturales y turísticos, por lo que constituye una de las regiones de Mesoamérica prioritarias para lograr un desarrollo sustentable.

Es así como en la formulación de los proyectos de desarrollo se debe acudir a la gran experiencia ganada en los trabajos de investigación llevados a cabo en México en el área del corredor biológico mesoamericano y en la cuenca del río Usumacinta, en los cuales se han realizado estudios técnicos de análisis integral del paisaje, de conservación y desarrollo sustentable e implementación de sistemas productivos sostenibles, definidos como un conjunto de actividades desarrolladas en el medio rural para obtener bienes o servicios con la intención de comercializarlos; mismos que se caracterizan por diversas formas de uso del patrimonio natural que no degradan progresivamente su capacidad.

Figura 30. Corredor mesoamericano en México y zonas prioritarias para la conservación



Fuente: Elaboración propia con datos de la Conabio, 2013; IGN, 2004.

Figura 31. Corredores prioritarios y áreas de biodiversidad clave del Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF)



Áreas de biodiversidad clave del Corredor selva Zoque y Chiapas/Altiplano de Guatemala: 1. Selva Zoque; 2. Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, Motagua, Bocas del Polochic; 3. Sierra Madre de Chiapas; 4. Los Cuchumatanes Corredor Selva Maya; 5. Selva Lacandona y Sierra del Lacandón; 6. Parque Nacional Laguna del Tigre; 7. El Gran Petén; 8. Chiquibul/Montañas Mayas

Fuente: Conservation International, 2004.

Entre los sistemas productivos sostenibles que se analizaron en el área del corredor biológico en México, y que pueden servir de base para la formulación de nuevos programas en el área de estudio aquí analizada, están: caficultura, cacaoicultura y apicultura sostenible, ganadería silvopastoril, silvicultura, uso de fauna silvestre y ecoturismo.

Para la cuenca del Usumacinta, además de la información sobre unidades y subzonas de ordenación aquí propuesta, existe abundante información disponible sobre los aspectos físicos, biológicos, hidrológicos y socioeconómicos que fundamenta con solidez la necesidad de diseñar e implementar un plan compartido entre México y Guatemala que permita lograr un desarrollo sustentable que favorezca la conservación y el uso apropiado de sus recursos naturales. Se han realizado numerosos trabajos (Priego *et al.*, 1987; Hamann y Ankersen, 1996; Guillén-Trujillo, 1995; Carabias *et al.*, 2008, citados por March y Castro, 2010; Saavedra, López y Castellanos, 2019) con un enfoque en la planeación de un desarrollo sustentable en la cuenca del Usumacinta y que constituyen las bases para la ordenación del territorio que permita avanzar hacia un futuro más sustentable y que promueva la integridad ecológica de la región. Finalmente, en los últimos tres años, en el entendido de que la cuenca del río Usumacinta es una región geoestratégica para México y Mesoamérica debido a que concentra una elevada proporción de la biodiversidad y de los servicios ambientales del continente, se está desarrollando en dicha cuenca, por parte de varias instituciones de investigación de México, el proyecto “Cambio global y sustentabilidad en la cuenca del Usumacinta y zona marina de influencia, bases para la adaptación al cambio climático desde la ciencia y la gestión del territorio” (Fordecyt-

Conacyt, 2019), cuyos resultados seguro aportarán cuantiosa y valiosa información adicional de gran relevancia que permitirá la formulación y ajustes de proyectos binacionales para el desarrollo sustentable en esta región transfronteriza.

En la costa pacífica para el área conurbada Tecún Umán-Ciudad Hidalgo, Malacatán-Tuxtla Chico y de la región fronteriza en general, con base en un taller de discusión de la dinámica de la economía fronteriza, se proponen las siguientes acciones (Ordóñez, 2007):

- ◆ Establecer el mecanismo para formalizar la economía informal y los flujos que transitan por el río.
- ◆ Promoción e impulso a la organización comunitaria y cooperativa.
- ◆ Ordenamiento territorial e infraestructura. Se refiere a desarrollar proyectos de ordenamiento territorial a orillas del río y en otras áreas, acompañados de una infraestructura que mejore los procesos que ocurren en dicha red hídrica y en las pequeñas ciudades.
- ◆ Descentralización efectiva y cooperación fronteriza para el desarrollo local y regional.
- ◆ Establecer instancias institucionales que contribuyan a la cooperación transfronteriza.
- ◆ Fondo binacional de apoyo a la cooperación transfronteriza y el desarrollo territorial.

En el caso de las cuencas de los ríos Candelaria y Hondo, la mayor parte de su área está circunscrita a Áreas Naturales Protegidas, y el resto forma parte del corredor mesoamericano en el sector mexicano, por lo que los proyectos que se deben desarrollar aquí deben estar enfocados a la conservación y restauración de la cobertura natural que se encuentre alterada o destruida. Dado que la presión de cambio de uso del suelo para el río Candelaria es más importante en México, así como en Belice lo es para el río Hondo, primordialmente estos dos países deberán jugar un papel esencial en el manejo de ambas cuencas (Benítez, 2010). Igualmente, como lo manifiesta este autor, el turismo convencional, enfocado de manera responsable, y el turismo ecológico podrían ser los grandes promotores de desarrollo socioeconómico en esta área que ayuden a la aplicación de tecnologías limpias y reduzcan el riesgo de contaminación del agua y deterioro de los recursos naturales.

29 Es el segundo *hotspot* más importante entre los 25 del mundo en cuanto a diversidad de especies y endemismo (Conservation International, Programa México y América Central, 2004).

Retos y oportunidades para el ordenamiento territorial rural transfronterizo

En las últimas décadas, la presión antrópica ejercida sobre los ecosistemas naturales y los terrenos dedicados a actividades productivas y asentamientos en el área de estudio ha ido en aumento, provocando intensos efectos ambientales negativos sobre los recursos suelo, agua, flora y fauna; con la consecuente pérdida y disminución constante de los mismos, además de la fuerte contaminación por el uso indiscriminado de agroquímicos y la falta de plantas de tratamiento de las aguas servidas. Esto conlleva a la disminución en la calidad de vida de los habitantes.

El área de estudio conforma una región transfronteriza entre México y Guatemala, por lo tanto constituye un espacio en el cual a lo largo y ancho de la frontera se presentan en diferentes grados múltiples relaciones y dinámicas socioeconómicas, políticas y ecosistémicas[30] que hacen de esta una región compleja y un territorio multifuncional (nacional y binacionalmente), que históricamente se han expresado de manera diferencial según la localización geográfica, sus condiciones biofísicas, ambientales, socioeconómicas y étnicas, y que de igual manera se expresan en niveles diferentes de identidad. A su vez, se comparte no solo en las variadas formas de vida y apropiación del territorio, sino también en las propias actividades socioeconómicas y productivas, y en diferentes grados, según los problemas, necesidades y oportunidades en común, y en los intercambios de bienes y servicios. Por lo tanto, ahí están algunos de los grandes retos y oportunidades para implementar seriamente y de manera urgente y eficaz los planes de ordenamiento territorial rural transfronterizo.

El reto es también corregir la insuficiente o mala planeación en los ordenamientos territoriales, en primer lugar a nivel regional, los cuales deben darse no solo regionalmente, sino que es imperativo a nivel estatal/departamental, municipal y de cuencas, y es aún más una obligación bajarlo a escala más detallada, hasta llegar a nivel local (al interior de cada país); y mediante una exigente y adecuada planificación del uso del territorio se deben desarrollar e implementar los diferentes programas de uso y manejo sustentable de las tierras, acorde con las heterogéneas y diversas aptitudes de las tierras y las problemáticas encontradas en los conocimientos ambientales que describen la heterogeneidad y las particularidades de la unidad espacial de análisis.

Un paso esencial para la definición y aplicación de programas de uso y manejo es la

zonificación ecológica del territorio transfronterizo como instrumento de planificación y de política ambiental, los cuales deben operar e incidir en los diferentes sistemas de producción y manejo de las tierras de manera sustentable, conforme a la capacidad de uso de las tierras y bajo un tratamiento diferenciado, que en consecuencia actúe y que permita la búsqueda de acciones enérgicas y más efectivas en la aclaración y solución de los conflictos de uso, manejo de la tierra y de los recursos naturales, bajo acciones conjuntas y participativas localmente y más específicas.

Si bien muchos dirigentes (gobernadores, alcaldes) tratan de seguir sus planes de desarrollo, sin la ejecución de los instrumentos de planificación es imposible cambiar y mejorar las condiciones de vida de la población, lo cual nos lleva a concluir sobre la poca o ninguna preocupación que tienen estos asuntos para los dirigentes territoriales, que en su gran mayoría desconocen la importancia del ordenamiento territorial rural y transfronterizo. De esta manera se llega a la conclusión de que muy seguramente en la mayoría de los municipios no encontraremos planes de ordenamiento territorial formulados, y en el mejor de los escenarios, si cuentan con él, no tendrán soportes cartográficos que proporcionen la información acerca de las características del territorio para la toma de decisiones.

Los instrumentos mencionados precisan información espacial (cartografía-mapas) que les permita tomar decisiones sobre el territorio de una manera segura y eficiente. Es importante el conocimiento de las tecnologías de información geográficas por parte de los administradores territoriales por su valor y aporte a la planeación territorial. Aquí surgen otros retos y oportunidades para que utilicen las herramientas de uso gratuito (actualmente existen muchas) que les permitan acceder y obtener la información espacial necesaria, y de esta manera beneficiarse de ella y utilizarla para el desarrollo regional, municipal y local en diferentes ámbitos. Es importante tener estas herramientas que les permitan tomar decisiones acertadas, ya que es imposible hacer una buena gestión y ejecución dejando de lado los distintos instrumentos de planeación, que en todos los casos deberá contar con los apoyos cartográficos que les permitan conocer, leer y tener un verdadero acercamiento de las realidades del territorio.

30 Beneficios obtenidos de la naturaleza en forma de valores, bienes o servicios (culturales, de abastecimiento, regulación, soporte).

Anexos

Anexo 1

Tipos de cobertura y uso de la tierra, descripción-símbolo

| Descripción cobertura/uso | Símbolo mapa |
|---------------------------------------------------|-------------------|
| Agricultura anual de secano | Aa |
| Agricultura anual-acahuales | AaAh |
| Agricultura anual-permanente-acahuales | AaApAh |
| Agricultura anual-pastizales | AaPC |
| Agricultura anual-pastizales-acahuales | AaPCAh |
| Agricultura anual-permanente | Aap |
| Agricultura anual de riego | Aa-riego |
| Acuicultura | ACUI |
| Agricultura anual-semipermanente-permanente-riego | Aa-as-AP/riego |
| Agricultura semipermanente (sin especificar) | As |
| Agricultura semipermanente-banano | As-banano-plátano |
| Agricultura anual-semipermanente | Aa-As |
| Agricultura semipermanente-caña de azúcar | As-caña de azúcar |
| Agricultura anual-semipermanente-permanente | Aasp |
| Pastizales | PC |
| Pastizales-agricultura anual | PCaA |
| Pastizales-agricultura anual-acahuales | PCaAaAh |
| Pastizales-agricultura anual-permanente | PCaAp |
| Pastizales-acahuales | PCAh |
| Agroforestería | AgF |

| | |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Agricultura permanente-café | AP-café |
| Agricultura permanente-cardamomo | AP-cardamomo |
| Agricultura permanente-mango | AP-mango |
| Agricultura permanente-palma | AP-palma |
| Plantación-hule-teca-melina-otros | BC-hule-teca-melina-otros |
| Plantación-hule-palma | BC/hule-palma |
| Bosque de galería | BG |
| Bosque mesófilo montaña | BMm |
| Bosque de pino | BP |
| Bosque pino-encino | BPQ |
| Bosque-pino-encino | BPQ/BQP |
| Bosque de encino | BQ |
| Bosque de latifoliadas | BT |
| Bosque latifoliadas-pino | BT/BP |
| Selva alta perennifolia | SAP |
| Selva | SBEQ |
| Selva baja erennifolia | SBP |
| Selva mediana y alta perennifolia | SMAQ |
| Selva mediana subcaducifolia | SMS |
| Vegetación hidrófila-popal-tular-otros | VH-popal-tular-otros |
| Vegetación de manglar | VM |
| Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña | VSA/BMm |
| Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino | VSA/BP |
| Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino | VSA/BPQ/BQP |
| Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino | VSA/BQ |
| Vegetación secundaria arbórea de bosque de latifoliadas-pino | VSA/BTBP |
| Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia | VSA/SAP |
| Vegetación secundaria arbórea de selva alta subperennifolia | VSA/SAQ |
| Vegetación secundaria arbórea de selva baja subcaducifolia | VSA/SBC |
| Vegetación secundaria arbórea de selva espinosa subperennifolia | VSA/SBQ |
| Vegetación secundaria arbórea de selva mediana y alta perennifolia | VSA/SMAQ |
| Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia | VSA/SMQ |

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|
| Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia | VSA/SMS |
| Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña | VSa/BMm |
| Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino | VSa/BP |
| Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino | VSa/BPQ/BQP |
| Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino | VSa/BQ |
| Vegetación secundaria arbustiva de bosque de latifoliadas | VSa/BT |
| Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia | VSa/SAP |
| Vegetación secundaria arbustiva de selva baja subcaducifolia | VSa/SBC |
| Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana y alta perennifolia | VSa/SMAQ |
| Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia | VSa/SMQ |
| Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia | VSa/SMS |
| Vegetación secundaria herbácea de bosque de pino | VSh/BP |
| Cuerpo de agua | CA |
| Suelo descubierto | SD |
| Zona urbana | ZU |

Bibliografía

Álvarez, P.

2013 "Corredor biológico mesoamericano", *Biodiversitas*, núm. 10, septiembre-octubre, disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/pdf/PROFORCO/01-Biodiversitas-Corredores.pdf>.

Álvarez-Gómez, J. A.

2015 Tectónica activa y geodinámica en el norte de Centroamérica, tesis doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, disponible en <https://eprints.ucm.es/54460/1/5327155574.pdf>. Marzo 12/2019>.

Bartra, Valentín A.

2002 "La protección del medio ambiente y los recursos naturales en la nueva constitución del Perú", *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, vol. 5, núm. 10.

Benítez, J.

2010 "Situación actual de las cuencas de los ríos Candelaria y Hondo", en H. Cotler *et al.* (coords.), Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones, Instituto Nacional de Ecología, p. 231, disponible en <https://micrositios.inecc.gob.mx/cuenca/diagnostico/39-rios-candelaria-hondo.pdf>.

Cabrera, J., y P. Cuc

2002 Diagnóstico socioambiental de la cuenca del río Usumacinta, Fundación Kukulkán-Fundación del Servicio Exterior para la Paz y el Desarrollo Democrático, Heredia, Universidad Nacional de Costa Rica.

Carabias, J., J. de la Maza y R. Cadena (coords.)

Colef

2015 Emif Encuesta sobre migración en la frontera sur. Colegio de la frontera norte. www.colef.mx/emif

2015 Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona. 25 años de actividades y experiencias, México, México, Redacta (Natura y Ecosistemas Mexicanos).

Chiquín, L. G., y J. E. Requena

2001 Mapeo geológico de superficie del cuadrángulo Granados, escala 1:50 000. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Commonwealth of Australia

1992 "National Forest Policy Statement: a new focus for Australia's forests", 2a ed., Perth, Australia, disponible en https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/sitecollectiondocuments/forestry/australias-forest-policies/nat_nfps.pdf.

Conabio

2013 La biodiversidad en Chiapas: estudio de estado, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, Gobierno del estado de Chiapas, vol. 1, p. 548.

Conagua

2009 Regiones hidrológicas administrativas. Comisión Nacional del Agua, México.

Conagua

2009 Plan de gestión de la cuenca del río Grande-lagunas de Montebello, Chiapas, México, Comisión

- Nacional del Agua, p. 168, disponible en http://transparencia.comitan.gob.mx/ART74/I/DESARROLLO_RURAL/plan_de_gestion_cuencas.pdf.
- Conagua
2016 Atlas del agua en México, Comisión Nacional del Agua, México, disponible en http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf.
- Conanp
2014 Áreas Naturales Protegidas Federales de la República Mexicana a diferentes escalas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Conanp
2018 Memoria documental: Entrega-recepción y rendición de cuentas 2012-2018
Dirección general de conservación para el desarrollo Decretos de nuevas Áreas Naturales Protegidas (superficie protegida). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Consejo de Europa
1983 Carta europea de ordenación del territorio, Conferencia Europea de Ministros Responsables de la Ordenación del Territorio, Torrelinos, España, disponible en http://cope.sanmartindelosandes.gov.ar/wp-content/uploads/2012/09/Carta_Europea_OT.pdf.
- Conservation International
2004 Perfil de ecosistema. Región norte del hotspot de biodiversidad de Mesoamérica: Belice, Guatemala, México, Critical Ecosystem Partnership Fund, disponible en https://www.cepf.net/sites/default/files/final_spanish_mesoamerica_northernmesoamerica.ep_.pdf.
- Coque, R.
1984 Geomorfología, Madrid, Alianza (Universidad Textos, 79).
- Cotler, H., *et al.* (coords.)
2010 Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones, Instituto Nacional de Ecología, p. 231, disponible en www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639.
- Davey, S., J. Hoare y K. Rumba
2002 "Science and its role in Australian regional forest agreements", *International Forestry Review*, 4(1): 39-55.
- Dengo, G.
1985 "Caribbean Central America", en Bird y Schwartz (eds.), *The World's Coastline*, Nueva York, Van Nostrand, pp. 117-124.
- Denyer, P.
2012 "Geología y geotectónica de América Central y el Caribe", Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, Apdo. 2142060. UCR.
- Dourojeanni, M.
1986 Gran geografía del Perú. Recursos naturales, desarrollo y conservación en el Perú, Barcelona, Manfer-Juan Mejía Baca (ed.).
- El Colef
2015 Encuesta sobre migración en la frontera sur, disponible en www.colef.mx/emif.
- FAO
1998. Soil map of the world. Revised legend, by FAO-UNESCO-ISRIC. World Soil Resources Report No. 84.
Rome.
- FAO
2007 "La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas", Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- FAO
2014 "Ordenamiento territorial rural. Conceptos, métodos y experiencias", Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Buenos Aires.
- Figallo, G.
1990 Régimen de los recursos naturales en la constitución de 1979, Derecho PUCP, (43-44), 311-336.
- Fordecyt-Conacyt

- 2019 Cambio global y sustentabilidad en la cuenca del río Usumacinta y zona marina de influencia. Bases para la adaptación al cambio climático desde la ciencia y la gestión del territorio, México. Fundación Ambiente y Recursos Naturales y Fundación Cambio Democrático
- 2011 El ordenamiento ambiental del territorio como herramienta para la prevención y transformación democrática de conflictos socioambientales. Lineamientos básicos y recomendaciones para el desarrollo de una política nacional, vol. 2, Argentina, disponible en <http://issuu.com/fundacioncambiodemocratico/docs/publicacion_ned/1>.
- Giunta, G., *et al.*
- 1996 "Geología de las márgenes de la placa del Caribe", Rev. Geol. Amér. Central, 19/20: 7-28, 1996.
- Guillén, T.
- 2017a "Mercado laboral transfronterizo México-Guatemala, ¿huella demográfica en Chiapas?", CentroGeo/cide, (sin publicar).
- Guillén, T.
- 2017b "Región transfronteriza México-Guatemala: Dimensión regional y bases para su desarrollo integral (primera fase, 2017-2018)", Propuesta de investigación, Fordecyt-Conacyt, CentroGeo.
- Holdridge, L. R. A.
- 1987 "Ecología basada en zonas de vida", Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-iic (Libros y Materiales Educativos, 83), San José, Costa Rica, p. 216.
- Hugo Tobías
- 2013 "Estudio del recurso suelo en Guatemala, prioridades y necesidades para su manejo sostenible", La Habana, disponible en <http://www.FAO.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/Central_America_WS/GUATEMALALA.pdf>.
- IGAC
- 2001 Guía metodológica para clasificación de tierras por capacidad de uso, Bogotá D. C. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología, p 36.
- IGAC
- 2002 Manual de códigos de atributos de los levantamientos de recursos de Tierras, Santa Fe de Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología.
- IGN
- 2004 Alfredo Obiols Gómez. Áreas Naturales Protegidas de Guatemala. Instituto Nacional Geográfico de Guatemala, Guatemala
- iica
- 1994 "Diagnóstico preliminar de las cuencas fronterizas Guatemala-México: cuencas de los ríos Suchiate, Coatán, Cuilco, Selegua y Nentón", Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, p. 177, disponible en <<http://repiica.iica.int/docs/B1345e/B1345e.pdf>>.
- INEGI
- 1999 Base de datos geográficos. Diccionario de datos geológicos. Escala 1:1'000 000 (Vectorial), México.
- INEGI
- 1999 Base de datos geográficos. Diccionario de datos geológicos. Escala 1:50 000. (Vectorial), México.
- INEGI
- 2007 Conjunto de datos vectorial edafológica. Escala 1: 250 000, serie II (continuo nacional), México, disponible en <<http://www.INEGI.org.mx/geo/contenidos/reclnat/edafologia/default.aspx>>.
- INEGI
- 2008 Geografía de México. Manual. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México, México, Dirección de Capacitación.
- INEGI
- 2010 Regiones hidrológicas (cuencas, ríos, cuerpos de agua), red hidrográfica escala 1:50 000, edición: 2.0, Subcuenca hidrográfica RH30, RH. Grijalva-Usumacinta, México.
- INEGI
- 2013 Modelo digital de elevaciones México. Continuo de elevaciones mexicano 3.0 (CEM 3.0), resolución 15 × 15 m, México.
- INEGI
- 2016 Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, serie VI (capa unión),

México.

IUSS Grupo de Trabajo WRB

2007 Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007, Informes sobre recursos mundiales de suelos, núm. 103, FAO, Roma, disponible en <http://www.FAO.org/3/a0510s/a0510s00.pdf>.

IUSS Grupo de Trabajo WR

2015 Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos, Informes sobre recursos mundiales de suelos, núm. 106. FAO, Roma, disponible en <http://www.FAO.org/3/i3794es/I3794es.pdf>.

Kauffer, E.

2010 "La cuenca del río Suchiate: entre inundaciones y movilidad de la frontera México Guatemala", en H. Cotler *et al.* (coords.), Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones, Instituto Nacional de Ecología, México, p. 231, disponible en www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639.

Kauffer E.

2010a "La cuenca del río Coatlán: entre inundaciones y escasez, un escenario complejo para la cooperación México-Guatemala", en H. Cotler *et al.* (coords.), Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones, Instituto Nacional de Ecología, México, p. 231, disponible en www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639.

López, D., A. Saavedra y L. Castellanos.

2016 Cobertura vegetal y uso del suelo 2014, zonificación y ordenación ambiental de la región fronteriza Tabasco y Chiapas, México, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo.

MAGA.

2010 Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, a escala 1:50,000 de la República de Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala.

MARCH, I. y J. Fernández

1998 La gran cuenca del río Usumacinta: Una contradicción regional, XX Coloquio de Antropología e Historia Regionales: Agua, Medio Ambiente y Desarrollo en México, 21 al 23 de octubre 1998, El Colegio de Michoacán, Zamora, Michoacán, pp. 314-336.

March, I., y M. Castro.

2010 "La cuenca del río Usumacinta: Perfil y perspectivas para su conservación y desarrollo sustentable", en H. Cotler *et al.* (coords.), Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones, Instituto Nacional de Ecología, México, disponible en www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639.

México-Guatemala border mobility as represented in the everyday lives of Central American workers, disponible en <file:///D:/A-Frontera%20sur/Publicacion/Documentos/México-Guatemala.border%20movility.2395-9134-estfro-17-34-00021-en.pdf>.

Mather, A. S. y Chapman, K.

1995 Environmental resources. Logman Scientific & Technical. London, U K.

Moore, I. D., R. B. Grayson y A. R. Ladson

1991 "Digital Terrain Modelling review of hydrological, geomorphological and biological applications", Hydrological Processes, núm. 5, pp. 3-30.

Morán Zenteno, D. J.

1985 "Geología de la República Mexicana", INEGI/Instituto de Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM, pp. 77-80.

Nájera, A., y Jéssica N.

2010 "Conociendo la Encuesta sobre migración en la frontera Guatemala-México: alcances y limitaciones", Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, cieap/uaem (Papeles de Población, 63).

Nellyce, V., *et al.*

2017 "Uso y aprovechamiento de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico local sostenible. Caso Pasaje", Revista Interamericana de Ambiente y Turismo, vol. 13, núm. 2, pp. 206-

OMM

2011 "El clima y tú", OMM, núm. 1071, disponible en https://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/dia_meteorologico/2011/Folleto-OMM.pdf.

ONU

1970 "Recursos naturales de los países en desarrollo; investigación, explotación y utilización racional", Nueva York, Organización de las Naciones Unidas.

Ordóñez, C.

2007 "Economía informal y sistema fronterizo en dos espacios locales situados en la frontera de Guatemala con México", *Revista de Geografía Agrícola*, México, núm. 38, pp. 85-100.

OMT

2011 *Tourism Towards 2030: Global Overview*, Madrid.

Padilla y Sánchez, R. J.

2007 "Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, t. LIX, núm. 1, Facultad de Ingeniería, División en Ciencias de la Tierra, UNAM.

Rosales-Rivas, V.

2012 *Geología y caracterización física de puzolanas de la zona oriental de Guatemala*, tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala.

Rzedowski, J.

1998 *Vegetación de México*, México, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-Instituto Politécnico Nacional, Limusa/Grupo Noriega Editores.

Saavedra, A., y F. L. Castellanos

2013 "La clasificación fisiográfica de la región de la cuenca del río Usumacinta", México, Centrogeofordecyt, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo (sin publicar).

Saavedra, A., D. López y F. Castellanos

2016 "Análisis de los factores de transformación territorial en los corredores biológicos de Chiapas Norte", México, CentroGeo.

Saavedra, A., D. López y F. Castellanos

2019 "Análisis integral del paisaje. Elementos conceptuales y metodológicos. Estudio de caso cuenca del río Usumacinta", México, CentroGeo.

Sánchez, M., J. Casado y G. Bocco

2014 "La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, 85.

Segeplan

2013 *Diagnóstico territorial de Petén, Plan de desarrollo integral de Petén*, t. 1, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.

Soil Survey Division Staff

1993 "Soil Survey Manual", Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture Handbook, 18.

Soil Survey Staff

1998 "Keys to Soil Taxonomy", 8a edición, Washington, D. C., Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

USDA

1965 *Clasificación por capacidad de uso de las tierras*. Manual 210, Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

USDA

2014 *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Décima segunda Edición. Soil Survey Staff. Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Van Zuidam, R.

1986 "Aerial Photointerpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping", The Hague, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science.

Villota, H.

1992 "Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras", Bogotá,

IGAC, p. 258.

Villota, H.

1997 "El sistema ciaf de clasificación fisiográfica del terreno", Revista ciaf, Santa Fe de Bogotá, 13(1): 55-70.

Villota, H.

2005 Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Bogotá. D.C. IGAC. Segunda Edición.

Winograd M., A. Farrow, J. Eade

1998 Atlas de indicadores ambientales y de sustentabilidad para America Latina y el Caribe. CIAT - PNUMA, Cali, Colombia

WMO

2016 "WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015", World Meteorological Organization, núm. 1167, disponible en <<https://es.scribd.com/doc/307071877/Zonas-de-vida-de-Holdridge-pdf>>.

Acerca de los autores

Aristides Saavedra G.

Agrólogo. Especialista en levantamiento de suelos, 1998 y Geomorfología, 1995. CIAF. Colombia. Diplomado en Geomática, CentroGeo, 2006, México. Líneas de investigación: evaluación de tierras, ordenamiento territorial y aplicación de modelos digitales del terreno en Fisiografía y Geomorfología. Técnico investigador del CentroGeo, desde el 2002, ha participado en más de 15 proyectos la mayor parte en los estados de Chiapas y Tabasco, cuenca del río Usumacinta. Con 10 publicaciones que incluyen artículos en revistas internacionales, un capítulo de libro y cuatro libros, tres de ellos en Colombia. asaavedra@centrogeo.edu.mx

Daniel M. Lopez L.

Agrólogo, Magister of Science, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 1992, The Netherlands. Maestro en Geomática, CentroGeo, 2006, México. Líneas de investigación: Planeación, ordenamiento territorial y Cambio Ambiental Global; Análisis de la sensibilidad del paisaje al cambio ambiental global. En relación con estos temas, como investigador del CentroGeo, desde el año 2000 a la fecha, ha participado en alrededor de 15 proyectos, la mayor parte de ellos en los estados de Chiapas - Tabasco, en la cuenca del río Usumacinta. Con más de 20 publicaciones que incluyen artículos en revistas internacionales, dos capítulos de libro y un libro. dlopez@centrogeo.edu.mx

Medio natural y ordenamiento territorial rural en la región transfronteriza México-Guatemala

se terminó de diseñar en formato Epub el **XX** de noviembre de 2020

