

REGIÓN
TRANSFRONTERIZA
MÉXICO-GUATEMALA:
DIMENSIÓN REGIONAL
Y BASES PARA EL
DESARROLLO RURAL
INTEGRAL

Análisis general de las
condiciones del medio
biofísico desde la
perspectiva de la aptitud
de las tierras como una
aproximación al
ordenamiento territorial y
desarrollo regional
transfronterizo

Aristides Saavedra Guerrero

Daniel M. López López

Edición. Luis A. Castellanos Fajardo

Julio de 2019

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
EL ÁREA DE ESTUDIO	3
Localización Geográfica	5
Aspectos Político-Administrativos	7
Áreas Naturales Protegidas	12
ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL / BIOFÍSICO.....	15
Hidrografía.....	16
La Cuenca del río Usumacinta	20
Cuencas Candelaria y Hondo.....	22
Cuenca del Río Suchiate	23
La Cuenca del Río Coatán	23
Clima	25
Elementos del Clima	26
Temperatura.....	26
Precipitación.....	27
Tipos de Climas en la zona de estudio	28
Clima Cálido Seco	30
Clima Cálido Semi Húmedo	30
Clima Cálido Húmedo	31
Clima Cálido Muy Húmedo.....	31
Clima Semicálido Seco.....	31
Clima Semicálido húmedo.....	31
Clima Semicálido muy Húmedo	31
Clima Semicálido Pluvial.....	32
Clima Templado Subtropical Seco.....	32
Clima Templado Subtropical húmedo.....	32
Clima Templado Subtropical muy Húmedo.	32
Clima Semifrío muy Húmedo.	33

Clima Semifrío muy Húmedo.	33
Clima Semifrío Pluvial.....	33
Clima Frío Húmedo.....	33
Geología / Tipos de rocas	34
Clases - Tipos de Rocas / Formaciones Superficiales	38
Relieve (pendiente)	41
Aspectos del relieve	42
Fisiografía / Suelos	46
Clasificación fisiográfica de la región transfronteriza México - Guatemala	47
Geoestructura o estructuras geológicas	47
Provincias Fisiográficas.....	49
Grandes Paisajes	56
Suelos	65
Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra	73
BASES GENERALES PARA UNA APROXIMACIÓN AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO REGIONAL TRANSFRONTERIZO	78
Aptitud de las Tierras	78
Clasificación de las Tierras por su capacidad de uso.	79
Ordenación Ambiental con énfasis en Sistemas Forestales y Agroforestales	89
Introducción	89
Consideraciones generales para una aproximación al Desarrollo Rural Transfronterizo..	103
REFERENCIAS y BIBLIOGRAFIA	112

Tabla de Figuras

Figura 1. Contexto regional: Región Maya (Cultura Maya – Mesoamérica).....	4
Figura 2. Contexto regional. Estados/Departamentos/RHA/Vertientes.....	4
Figura 3. Área de estudio frontera México - Guatemala en el contexto regional.	6
Figura 4. Movilidad laboral Guatemala - México	8
Figura 5. Cruces fronterizos formales México - Guatemala	8
Figura 6. Distribución de las localidades	11
Figura 7. Densidad de población por municipio	11
Figura 8. Áreas Naturales Protegidas en región transfronteriza	14
Figura 9. Regiones hidrológicas y grandes cuencas en México - Guatemala.....	18
Figura 10. Cuencas transfronterizas compartidas México-Guatemala.....	19
Figura 11. Subcuencas del río Usumacinta.	21
Figura 12. Temperatura promedio anual (°C)	27
Figura 13. Precipitación promedio anual (mm)	28
Figura 14. Unidades Climáticas de la Zona de Estudio en el Contexto Gran Cuenca Grijalva - Usumacinta.....	29
Figura 15. Esquema tectónico. (modificado de Dengo, 1986 y del mapa geológico de la República de Guatemala).	35
Figura 16. Placas tectónicas.	37
Figura 17. Mapa y Leyenda. Tipos de roca en la región transfronteriza México-Guatemala..	39
Figura 18. Mapa de altitud (m.s.n.m.).....	44
Figura 19. Mapa de pendientes (%)	45
Figura 20. Geoestructuras en la Región Maya	48
Figura 21. Provincias Fisiográficas en la Región Maya	50
Figura 22. Unidades climáticas en la región transfronteriza	53
Figura 22. Unidades genéticas de relieve.	56
Figura 23. Grandes Paisajes Fisiográficos.....	58
Figura 24. Suelos región Transfronteriza	67
Figura 25. Cobertura vegetal y uso de la tierra.....	74
Figura 26. Cobertura vegetal y uso del suelo, área en hectáreas.	75
LS: Ligera susceptibilidad; MS: Moderada susceptibilidad; AS: Alta susceptibilidad.	81
Figura 27. Clases y subclases de aptitud de las tierras	83
Figura 28. Unidades de ordenación agroforestal.....	95
Figura 29. Subzonas para ordenación agroforestal. Región Transfronteriza.....	105
Figura 30. Corredor Mesoamericano en México y zonas prioritarias de trabajo	108
Figura 31. Corredores prioritarios y áreas de biodiversidad clave del CEPF	109

Lista de Tablas

Tabla 1. Lista de Estados – Departamentos y Municipios que forman parte del Área de Estudio.	9
Tabla 2. Movilidad laboral de Guatemala a México.....	10
Tabla 3. Movilidad laboral de Guatemala a México.....	10
Tabla 4. Áreas Naturales Protegidas decretadas en la región transfronteriza	12
Tabla 5. Escala del tiempo geológico en las eras Cenozoico – Mesozoico - Paleozoico	40
Tabla 6. Rangos de pendiente y relieves	43
Tabla 7. Características de las unidades climáticas propuestas para la Región Transfronteriza.	54
Tabla 8. Tipo de cobertura y uso (Ha y %).....	75
Tabla 9. Características de las tierras para clases y subclases por capacidad de uso.....	81
Tabla 10. Principales características y limitaciones de las clase y subclase de aptitud.....	84
Tabla 11. Zonas – subzonas y unidades de manejo	93

INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas dos décadas, la región fronteriza de México con Guatemala se ha convertido en uno de los principales espacios de cambio social; por este motivo, puede valorarse como una región muy compleja y de alta prioridad, dada la escala, las circunstancias y trascendencia de los diversos procesos políticos, socioeconómicos y ambientales en curso. El principal de ellos y que ha articulado al intenso dinamismo regional, de composición transfronteriza, 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 estabilidad del mercado laboral entre México y Guatemala, entre otras consecuencias de naturaleza estructural, es que ha generado una **región transfronteriza**, que progresivamente estrecha vínculos e interdependencias. Evidentemente, el lazo más intenso radica en la movilidad circular de personas, de origen guatemalteco, cuya producción económica depende fuertemente de su inserción laboral en México, impactando así a las economías y sociedades de origen. Junto con ello, en contraparte, se ha consolidado una importante economía en el sur de México - particularmente concentrada en Chiapas, pero no exclusivamente - que absorbe y se basa en el consumo del trabajo migrante, como es notable en el sector agropecuario.

México enfrenta como desafío urgente, definir una visión de desarrollo regional fronterizo sur, comprometida y comprendida de manera integral y en cooperación con Guatemala. 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. Esta investigación interinstitucional tiene como meta central apoyar el diseño de una visión del desarrollo regional transfronterizo entre México y Guatemala, que sea capaz de contribuir al ordenamiento de su curso actual. En principio, debe ésta basarse en un diagnóstico preciso de las condiciones presentes, revisadas mediante un análisis multidisciplinario que permita comprender integralmente su escenario vigente. Con esta base analítica, podrán orientarse las políticas públicas apropiadas, federales, locales y binacionales, que permitan a la región transfronteriza evolucionar hacia rutas predeterminadas, que aseguren calidad de vida, sustentabilidad ambiental y desarrollo compartido. Como parte del diagnóstico del escenario vigente, es de gran importancia tener una visión general de la región que nos permita conocer y entender las características del medio biofísico sobre el cual se

desarrollan las diversas actividades socio - económicas, así como su influencia y relación en las actividades productivas, aprovechamiento de recursos naturales y en el intercambio y dinámica económica y social que vienen estableciendo nexos y vínculos desde hace un par de décadas.

En este contexto se presenta en esta publicación para un área fronteriza compartida por los dos países, 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, como base para la planificación del uso y manejo de la tierra, en el contexto del desarrollo regional transfronterizo entre México y Guatemala.

EL ÁREA DE ESTUDIO

México y Guatemala hacen parte de Mesoamérica, región ésta de gran importancia biológica a nivel continental, es una de las regiones biológicamente más diversas del planeta, y es el segundo “hotspots1” más importante entre los 25 del mundo en cuanto a diversidad de especies y endemismo (Conservation International – Programa México y América Central. 2004). La zona fronteriza desde el punto de vista biofísico hace parte de un continuo en aspectos como el relieve, clima, hidrografía, geología, cobertura vegetal y uso de la tierra. Igualmente, desde el punto de vista cultural y arqueológico la frontera hace parte de la gran región cultural Maya.

En un contexto regional el área de análisis en este texto está circunscrita en lo que se conoce como región “Región Maya²” (**Figura1**) la cual incluye 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 Mérida).

Desde el punto de vista hidrológico el contexto regional incluye de Guatemala las 3 vertientes en que esta divide el país: Pacífico, Mar del Caribe o de las Antillas y el Golfo de México (**Figura 2**); en México están comprendidas las Regiones Hidrológicas Administrativas -RHA: RH30 la gran cuenca Grijalva – Usumacinta, XI-Frontera Sur y XII-Península de Yucatán para México.

El análisis de las características de la región antes señaladas, determinaron la delimitación del área de estudio considerada en este texto, para el análisis de las condiciones ambientales y de aptitud de las tierras, en la frontera México-Guatemala, misma que se ha delimitado tomando en consideración aspectos culturales, la división político-administrativa, cuencas hidrográficas, así como el origen y destino de la movilidad laboral entre Guatemala y México.

¹ Zonas de elevada biodiversidad caracterizadas por niveles excepcionales de endemismos y pérdidas importantes del área del hábitat en cuestión

² La Región Maya es una de las áreas más amplias de Mesoamérica y hace 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 que 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 el país de Belice hasta Honduras y El Salvador, comprende además parte de México en los estados de Chiapas y Tabasco, y de Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Península de Yucatán).

Figura1. Contexto regional: Región Maya (Cultura Maya – Mesoamérica)



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Contexto regional. Estados/Departamentos/RHA/Vertientes



Fuente: INEGI, México – SEGEPLAN, Guatemala y elaboración propia

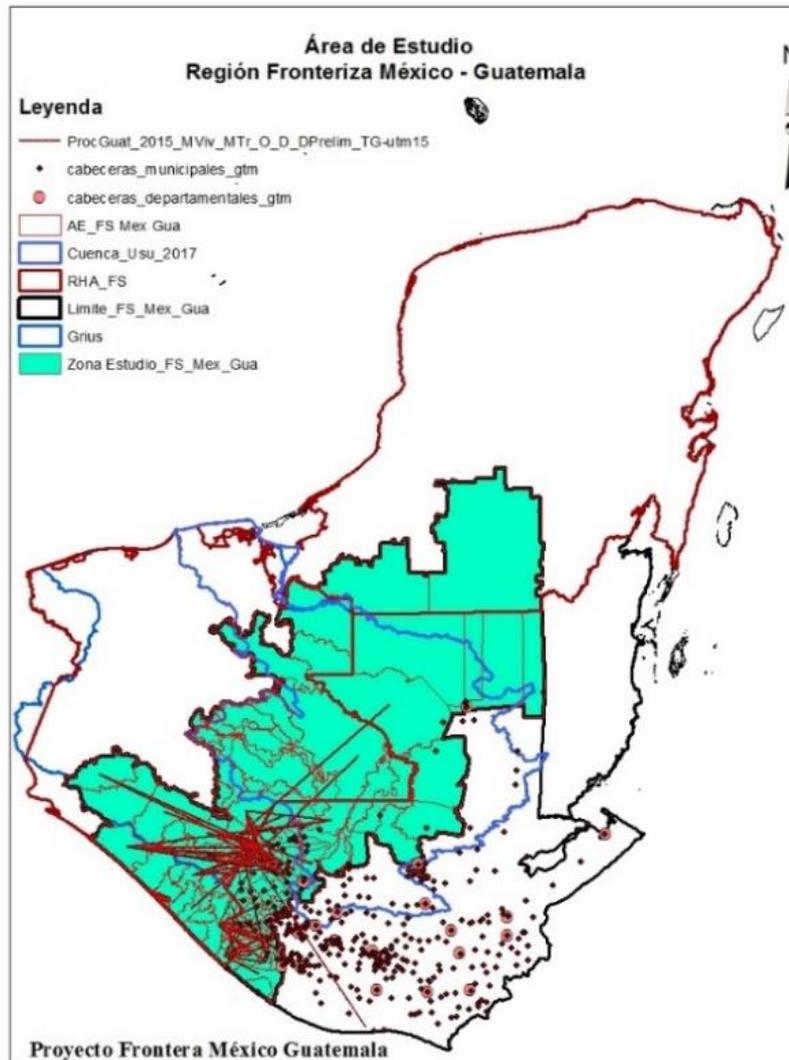
Localización Geográfica

El Área de Estudio de la Región Transfronteriza México - Guatemala se localiza aproximadamente 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 al Oeste de Greenwich (Figura 3)*. El área cubre una superficie aproximada de 11'597,505.04 hectáreas (115,975.05 Km²), conformada por tres sectores bien definidos a saber: al norte plataforma de Yucatán, en la parte central las provincias fisiográficas 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, A. y Castellanos, L. 2013; 2015).

La región transfronteriza delimitada entre México y Guatemala tiene una extensión de aproximadamente 962.6 km cuyo límite fronterizo en la zona Noreste inicia entre los estados de Campeche, Tabasco, Chiapas y el departamento de Petén, esta parte comprende una extensión de 611.4 km, de los cuales el sector del extremo Norte está representado por un Hito fronterizo³ (línea fronteriza terrestre) como límite trazado artificialmente mediante mojón (mojones) con una extensión aproximada 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 Chicoljáh "Chokoljá" 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 pasa a ser 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" en el territorio mexicano forma y se conoce en su recorrido como el río Usumacinta; frontera natural viva que comprende aproximadamente una extensión de 306km. Del lado guatemalteco éste mismo río se denomina Usumacinta solamente en su trayecto hasta donde desemboca el Arroyo el Chorro que comprende aproximadamente 145km. A partir de ahí, aguas arriba, los restantes 161km el río se conoce como Salinas hasta el punto en que el río Negro o Chixoy proveniente de las montañas de los Cuchumatanes confluye en él.

³ 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 lo denomina «mojón - mojones». https://es.wikipedia.org/wiki/Hito_fronterizo.

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



Fuente: INEGI, México – IGN, Guatemala. El COLEF, 2015 (www.colef.mx/emif) y elaboración propia

Desde este punto donde desemboca el río Chixoy al río La Pasión inicia nuevamente como hito fronterizo artificial la frontera terrestre con una extensión cerca de 268.2km, hasta el punto donde nuevamente el límite natural fronterizo internacional es vivo y lo conforma el río Suchiate; cuyo último tramo fronterizo llega hasta que desemboca en el océano pacífico con un recorrido de alrededor de 83km. En conclusión, encontramos un límite de frontera internacional entre los dos países con una **extensión total aproximada de 962.6 km**, donde la **frontera terrestre como hito fronterizo artificial es de 537 km** equivalente al 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 delimitada para el presente análisis está conformada a nivel regional en México por los estados de Chiapas, Campeche y Tabasco, los dos primeros conforman la mayor parte del área, siendo Chiapas el más importante, dónde aproximadamente la mitad del estado representa cerca de la mitad de la zona delimitada; le sigue en importancia en su orden Campeche y Tabasco con la porción más pequeña. Es igualmente el estado de Chiapas el más importante desde el punto de vista del flujo migratorio circular (**Figura.4.**); según datos de la encuestas EMIF (www.colef.mx/emif) en la frontera sur al cierre del 2016, el número de eventos de cruce hacia México, por razones laborales, fue de más de 700 mil, procedentes de Guatemala lo cual permite apreciar la enorme escala de los actuales procesos de intercambio regional (Tonatiuh, 2017a). Así mismo de los ocho puntos formales de internación que existen entre México y Guatemala, en Chiapas se localizan siete, el restante, corresponde a El Ceibo que se localiza en Tabasco (**Figura 5**).

Cruces Fronterizos Formales ubicados en la Línea Divisoria Internacional entre México y Guatemala⁴:

Cruces fronterizos formales existentes 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.

Cruces fronterizos formales existentes en la segunda línea geodésica: Cd. Cuauhtémoc, México, La Mesilla, Guatemala; Carmen Xhán, México - Gracias A Dios, Guatemala.

Cruces fronterizos formales existentes en el primer paralelo: Nueva Orizaba, México - Ingenieros, Guatemala⁵.

Cruce fronterizo formal existente en la margen del río Usumacinta: Frontera Corozal, México - Bethel, Guatemala.

Cruce fronterizo formal existente en el meridiano el ceibo: El Ceibo

⁴ Secretaría de relaciones exteriores, Fecha de publicación 15 de marzo de 2016. <https://www.gob.mx/sre/acciones-y-programas/cruces-fronterizos-entre-mexico-y-guatemala>

⁵ No se incluyen aquí tres puntos que se ubican en Quintana Roo en la frontera con Belice.

Figura 4. Movilidad laboral Guatemala - México

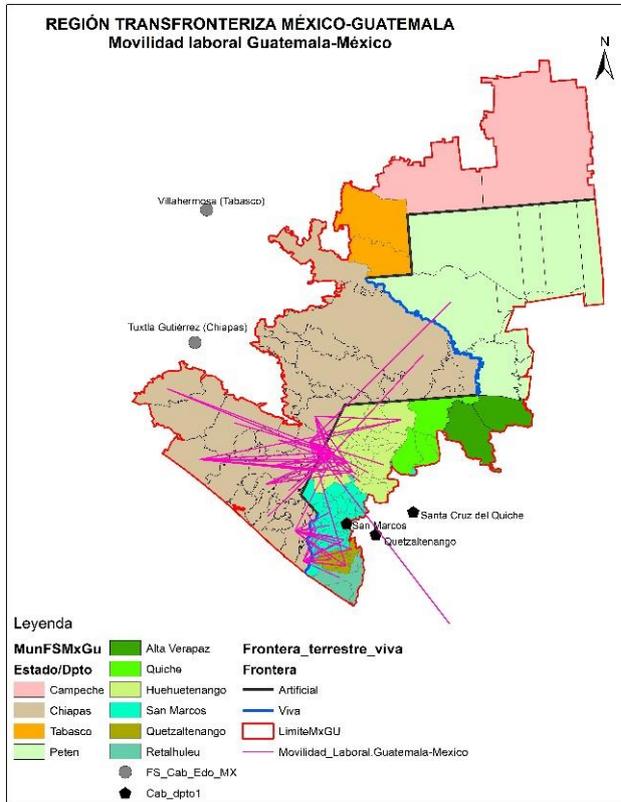
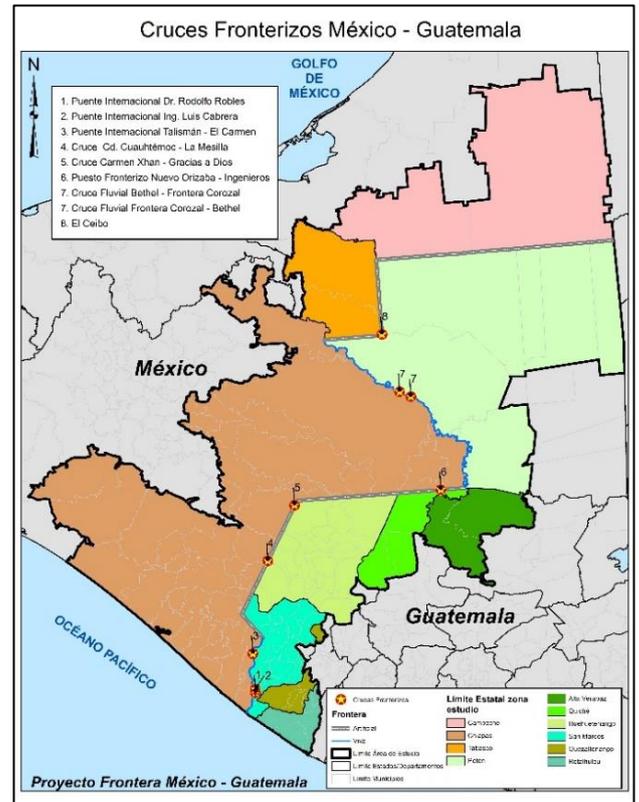


Figura 5. Cruces fronterizos formales México - Guatemala



Fuente: INEGI, México – IGN, Guatemala. El COLEF, 2015 (www.colef.mx/emif) y elaboración propia

Por parte de Guatemala el área la conforman siete estados siendo el Peten el que comparte casi el 50% del límite fronterizo, aunque por el volumen del flujo migratorio circular (**Figura 4**) son más importantes los departamentos de Huehuetenango, San Marcos y Quezaltenango; completan el área de estudio los departamentos de Quiché, Alta Verapaz y Retalhuleu. En resumen, en el sector noreste por parte de México dos estados conforman el límite fronterizo (Campeche y Tabasco), hacia el sureste un solo estado (Chiapas); por su parte en el sector de Guatemala ocurre lo contrario hacia el noreste un solo estado conforma el límite (Petén), y hacia el sureste lo constituyen cinco estados (**Figura 5**). En la **tabla 1** se relacionan los municipios que se incluyen en el área de estudio delimitada.

Tabla 1. Lista de Estados – Departamentos y Municipios que forman parte del Área de Estudio.

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, Sibilia
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, México – IGN, Guatemala. Elaboración propia

En las **tablas 2 y 3** se listan con relación a la movilidad laboral en el año 2015, para México y Guatemala los principales municipios de recepción y origen respectivamente (Tonatiuh, 2017a). Con respecto a los municipios destino en México, en los datos de la **tabla 2** sobresale el peso relativo de los cuatro principales municipios receptores: Frontera Comalapa, Tapachula, La Trinitaria y Suchiate; se localiza en ellos el 73 por ciento del conjunto de eventos del flujo laboral. Por otra parte, considerando a 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 a Malacatán (San Marcos), que explican algo más de un tercio del total de la movilidad (Tonatiuh, 2017a).

Tabla 2. Movilidad laboral de Guatemala a México, 2015.

PRINCIPALES MUNICIPIOS DE RECEPCIÓN EN MÉXICO		
Municipio	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
Pijijiapan, 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

Fuente: Encuesta sobre migración en la Frontera Sur, El COLEF, 2015 (www.colef.mx/emif). Tonatiuh, 2017a.

Tabla 3. Movilidad laboral de Guatemala a México, 2015.

PRINCIPALES MUNICIPIOS DE ORIGEN EN GUATEMALA			
Municipio	Departamento	Total	Porcentaje
La Democracia	Huehuetenango	138,281	19.1
Malacatán	San Marcos	125,202	17.3
La Libertad	Huehuetenango	52,720	7.3
Colotenango	Huehuetenango	50,362	6.9
Cuilco	Huehuetenango	36,320	5.0
San Pedro Necta	Huehuetenango	32,918	4.5
Barillas	Huehuetenango	26,255	3.6
Catarina	San Marcos	24,638	3.4
Coatepeque	Quetzaltenango	23,543	3.2
San Pablo	San Marcos	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 (www.colef.mx/emif). Tonatiuh, 2017a.

Áreas Naturales Protegidas

En la Región transfronteriza y en particular en la zona de estudio se han decretado diversas áreas protegidas con el fin preservar la región maya y proteger el patrimonio natural, cultural y arqueológico. En la **tabla 4** se muestra para el área de estudio una lista de las áreas naturales protegidas decretadas por los dos países y en la **Figura 8**, se muestra su ubicación.

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) en ésta región de México son las Reservas de la Biósfera “Montes Azules, Lacan-Tún, El Triunfo, La Sepultura y La Encrucijada”; los Monumentos Naturales de “Bonampak” y “Yaxchilán”; Las Áreas de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos (sectores)”, “Humedales de Catazajá”, “La Libertad”, “Nahá”, “Metzabok” y “Chan Kín”, Parques Nacionales “Lagunas de Montebello”, “Palenque” y la Reserva Comunal “Sierra Cojolita”; Área Natural Típica “Bosque de Coníferas Chanal” y “La Concordia Zaragoza”; Áreas de Protección de Recursos Naturales “La Frailescana; Reserva Estatal “La Lluvia”; Zonas Sujetas a Conservación Ecológica “Cordón Pico El Loro-Paxtal” y “Volcán Tacaná”, “El Cabildo Amatal” y “El Gancho Murillo” y Parque Estatal “La Primavera”.

En Guatemala según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2016), registra un total de 3,500 millones de hectáreas que conforman el Sistema de Áreas Protegidas (Sigap), y estiman que el 60% de ellas están en Petén. La Región de estudio definida abarca numerosas áreas, incluyendo la mayor parte la Reserva de la Biósfera Maya (RBM) con 825,351 ha; que incluye los Parques Nacionales “Sierra de Lacandón” (191,867 ha), “Laguna del Tigre” (289,912 ha), “Lachuá – Laguna Lachuá”, “El Tikal”, “El Rosario” y “Mirador Río Azul” “Reserva Natural Tewancar- nero”, Chuquibul Montañas Mayas; así como las Reservas Ecológicas y Refugios de Vida Silvestre “Pucté” (16,695 ha), Petexbatún y “Dos Pilas”; Reserva de la Biósfera “Visis-Caba” y “San Román” (8,646 ha); Biotopos “Cerro Cahuí”, “Laguna del Tigre”, “Dos Lagunas” y “ San Miguel La Palotada” y Zonas de Veda Definitiva como “Volcán Lacandón”, “Volcán Tajumulco”, “Volcán Tacná” entre otras” (**Figura 7**).

Tabla 4. Áreas Naturales Protegidas decretadas en la región transfronteriza

Nombre	Categoría	País
La Sepultura	Reserva de la Biósfera	México
La Frailescana	Área de Protección de Recursos Naturales	México
El Triunfo	Reserva de la Biósfera	México
Huizapa-Sesecapa	Zona de Protección Forestal	México
La Concordia Zaragoza	Área Natural y Típica	México
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 Biosfera	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 Biosfera	Guatemala
Volcán Tajumulco	Zona de Veda Definitiva	Guatemala
Volcán Lacandón	Zona de Veda Definitiva	Guatemala
Manchon-Guamuchal		Guatemala

Fuente: CONANP, México – IGN, Guatemala. Elaboración propia

Figura 8. Áreas Naturales Protegidas en región transfronteriza

Áreas Naturales Protegidas México - Guatemala



Fuente: CONANP, México – IGN, Guatemala. Elaboración propia

ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL / BIOFÍSICO

Los suelos, las aguas, el clima, la geología/litología, la geomorfología, el relieve, las coberturas vegetales y la fauna, en su conjunto conforman el medio natural, que, al funcionar como sistema, de manera interrelacionada e interdependiente, tienen de manera específica y en su conjunto diferentes funciones ecosistémicas. A través de estas funciones el sistema natural provee importantes servicios ecosistémicos esenciales para la sociedad y específicamente para la población local asentada en el territorio. Como producto de las actividades humanas que tienen un gran auge a partir de la revolución industrial, el sistema natural ha evolucionado y se han transformado en un paisaje cultural o antroposistema con diferentes grados de intervención humana. Para conservar y hacer un uso adecuado de los servicios que provee el sistema es necesario el conocimiento tanto del medio natural en su conjunto como de cada uno de sus componentes e interacciones complejas entre ellos y la sociedad (Saavedra A., López D., 2019).

El conocimiento de las características del medio natural en una región constituye un aspecto fundamental y necesario para el diseño e implementación de políticas de diversa índole tales como las relacionadas con el uso de la tierra, la conservación de la biodiversidad, así como la conservación y protección de los recursos naturales. Por ello constituye un paso previo e importante al inicio de nuevos estudios y actividades que permiten además de su conocimiento y comprensión, la planeación adecuada de actividades propias del desarrollo rural sustentable, lo que permitirá mejorar las condiciones de vida de la población asentadas en el territorio.

Los diferentes elementos del medio natural (clima, hidrología, geología, los suelos, la vegetación) conforman en el territorio un continuo que no están circunscritos a límites artificiales, de naturaleza antrópica, como lo son las divisiones político-administrativas, sean estas de carácter local, regional, nacional o internacional. Es este último el caso del área de estudio que se analiza en el presente documento, en donde los aspectos del medio natural antes mencionados forman un continuo que no es interrumpido por el límite internacional, en este caso, entre México y Guatemala. En el siguiente apartado se hace una descripción general de los aspectos del medio natural, como elemento base para el análisis de las características de este desde la perspectiva de la planeación del uso de la tierra y del ordenamiento del territorio. Se incluye la hidrografía, la descripción del clima, la cobertura vegetal y uso del suelo, la geología, el relieve, la fisiografía, los suelos y atributos fisiográficos de la región fronteriza entre México y Guatemala.

Hidrografía

La hidrografía es una rama de la geografía física que estudia los recursos hídricos continentales y marinos, que ocupan aproximadamente el 70% del planeta Tierra, y mediante la cual se designa al conjunto de las aguas de una región o de un país; por su campo de estudio, se vincula con otras ciencias, principalmente con la geología, la hidrología y la climatología.

La distribución y configuración espacial de los escurrimientos superficiales se organizan y conforman a gran escala, de acuerdo con el relieve, lo que se conoce como vertientes, las cuales a su vez contienen la red de drenaje (red fluvial) que define 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). La cuenca está definida por la división natural de las aguas debida a la conformación del relieve que constituye un territorio, y delimitada por divisorias de aguas (cordilleras, sierras). En una cuenca pueden interactuar uno o varios elementos biofísicos, socioeconómicos y culturales, a través de cuyas relaciones se puede hacer un aprovechamiento sustentable y adecuado de las tierras, o por el contrario, una sobreexplotación que origina su degradación. Esto se refleja en la disminución de la productividad, la contaminación de las aguas, la alteración de los caudales, aspectos que en última instancia repercuten en la calidad de vida de la población.

Las cuencas hidrográficas ofrecen numerosos servicios ambientales, tales como mejoramiento o estabilización del caudal del agua y de los caudales del estiaje, concentración baja de sedimentos suspendidos, arrastre de fondo con baja concentración de sedimentos, baja concentración de residuos de fertilizantes y plaguicidas, mejoramiento de la calidad microbiana (FAO, 2007). Otros servicios ambientales que brindan son captación e infiltración de agua, 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. Del mismo modo, ofrecen otros servicios importantes a la sociedad, ya que el suministro de agua dulce para uso doméstico, agropecuario e industrial en gran medida depende del agua superficial y subterránea proporcionada por los caudales que se producen y regulan en las cuencas. La permanencia y funcionalidad de estos servicios dependen del uso y del manejo adecuado de los recursos que conforman las cuencas.

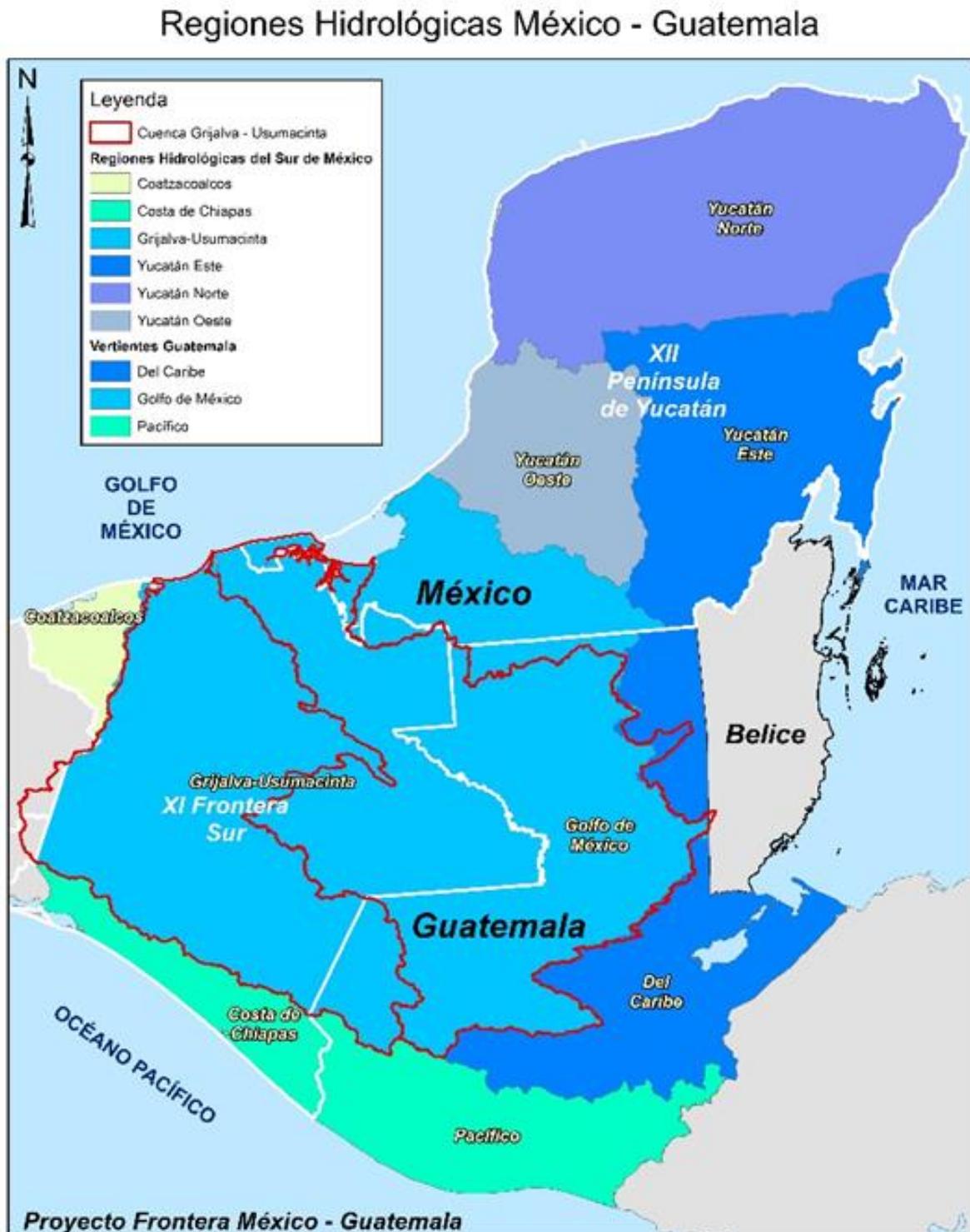
Desde el punto de vista hidrológico en la zona transfronteriza aquí analizada, en el nivel más general, se comparten por parte de México dos regiones hidrológico-administrativas (RHA) el número XI denominada Frontera Sur y el número XII Península de Yucatán (CONAGUA, 2014); por parte de Guatemala se incluyen principalmente las vertientes Golfo de México y Pacífico

y un pequeño sector de la vertiente Mar Caribe o de las Antillas. En esta última vertiente se ubica la cuenca del río Hondo misma que es una cuenca tripartita, la comparten México, Guatemala y Belice.

En un segundo nivel gran parte del área aquí analizada se encuentra circunscrita en la gran cuenca Grijalva-Usumacinta, que en México corresponde a la región hidrológica RH30, y en Guatemala se incluyen las cuencas del San Pedro, La Pasión, Chixoy, Chajul e Ixcán, todos estos afluentes del Gran Usumacinta, y como afluentes del río Grijalva los ríos Mentón, Selegua y Cuilco. Completan este nivel de análisis en la parte noreste de México las regiones hidrológicas (RH31) llamada región Yucatán Oeste y la (RH33) denominada región Yucatán Este, que incluyen las cuencas de la Candelaria y río Hondo; este último comparte una subcuenca con Belice, el río Belice. En la costa pacífica (vertiente del Pacífico) completan la hidrografía varias cuencas de menor tamaño tanto en Guatemala como en México (RH 23, costa de Chiapas) entre las que sobresalen las del Suchiate y Coatán, que son transfronterizas **Figura 9.**

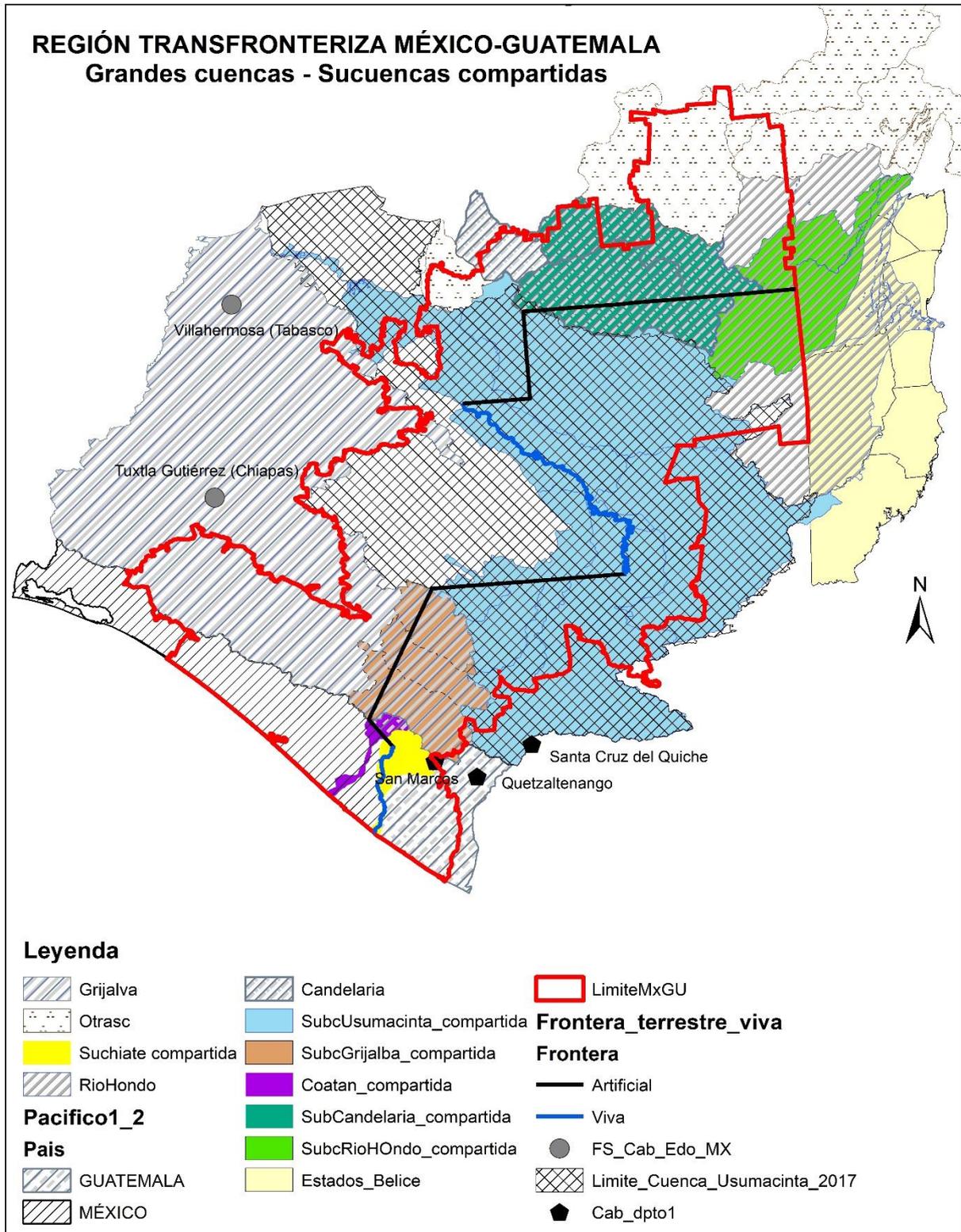
En la **Figura 10** se muestran las subcuencas que son transfronterizas en el área de estudio aquí analizada, las cuales incluyen: a) del sistema Usumacinta por parte de México: las subcuencas del Usumacinta y Lacantún, y por parte de Guatemala San Pedro, La Pasión, Chixoy, Chajul e Ixcán; b) del sistema Grijalva las subcuencas de los ríos los ríos Nentón, Selegua y Cuilco; c) de la costa pacífica las subcuencas Suchiate y Coatán y d) en el sector noreste las subcuencas de los ríos Candelaria y Hondo. A continuación, se hace una descripción general de cada una de estas subcuencas.

Figura 9. Regiones hidrológicas y grandes cuencas en México - Guatemala



Fuente: INEGI, México – IGN, Guatemala. Elaboración propia

Figura 10. Cuencas transfronterizas compartidas México-Guatemala



Fuente: CONAGUA - INEGI, México – SEGEPLAN, Guatemala. Elaboración propia

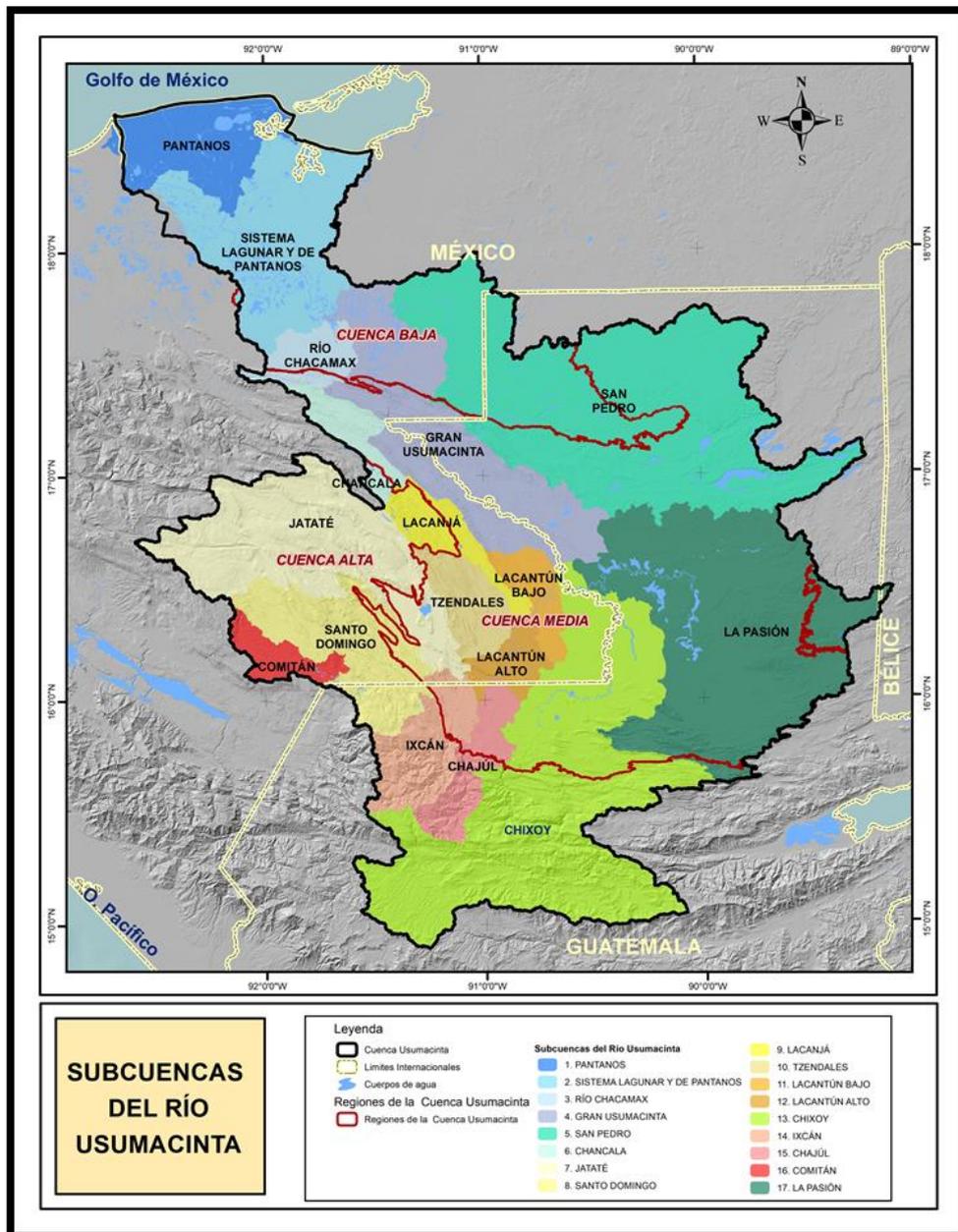
La Cuenca del río Usumacinta

“De las cuencas fronterizas, tal como se aprecia en la **Figura 9**, la cuenca del Usumacinta es la que comparte la mayor extensión en el límite fronterizo; 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 encuentran 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 el 44.21%, (34,237.4 km²), se localiza en México, en los estados de Chiapas, Tabasco y Campeche; 55.75%, (43,198.6 km²) se ubica en Guatemala, en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz y Petén, y una fracción pequeña el 0.04% (31.79 km²) se encuentra en Belice, en la Región de la Sierra Maya. Representa la más grande dentro de la Región de la Selva Maya, que constituye uno de los ecosistemas de gran riqueza natural y diversidad de especies y hábitats, muchos de ellos únicos de la zona y con extraordinarios vestigios arqueológicos patrimoniales de culturas milenarias (Saavedra A., López D., 2015).

El río Usumacinta se considera el cauce de agua principal y más largo de Mesoamérica, y es el sexto más largo de Latinoamérica. Con un área de captación de 106,000 km² y carga anual aproximada de 105,200 millones de metros cúbicos de agua, representa el 30% de agua dulce que posee México (Cabrera y Cuc, 2002). El río Chixoy o Negro (**Figura 11**) uno de los afluentes principales del Usumacinta, nace en las montañas de la Chamá y los Cuchumatanes, en el sector norte-centro 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 un área de drenaje en Guatemala, y el último, la mayor área de drenaje 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. Las aguas más lejanas de este último nacen en la zona reina de Guatemala, en los departamentos de Huehuetenango y Quiché. El río San Pedro proviene de los municipios de San Andrés y la Libertad Petén, en el corazón de la biosfera Maya, su longitud es de 728.85 kilómetros y desemboca en el Usumacinta, pocos kilómetros aguas arriba de Balancán (Cabrera y Cuc, 2002).

Figura 11. Subcuencas del río Usumacinta.



Fuente: INEGI y elaboración propia

Una gran parte de la población asentada en la cuenca del Usumacinta se ubica en las partes altas de la cuenca, y casi el 60% corresponde a localidades de menos de mil habitantes, con elevados niveles de marginación tanto en México como en Guatemala; esta dispersión de la población hace difícil la provisión de servicios básicos de educación y salud. Los habitantes de origen indígena son predominantes en toda la cuenca, e incluyen miembros de los grupos tojolabal, tzeltal, chol y maya lacandón en México, y de los grupos aguacateca, quiché, sacapultekas, achíes, qeqchíes, ixiles y mames para Guatemala” (March y Castro, 2010).

La enorme riqueza arqueológica, cultural y paisajística en distintas zonas de la cuenca ha permitido el desarrollo de actividades turísticas; sin embargo, el gran potencial turístico podría ser aprovechado con un mayor beneficio si se implementa un plan binacional enfocado a lograr un desarrollo turístico responsable ambiental y socialmente, que utilice el amplio espectro de ofertas turísticas que posee esta privilegiada región. Igualmente, su gran riqueza natural hace de la cuenca del Usumacinta una gran proveedora de servicios ecosistémicos como volumen de carbono capturado, captación y provisión de agua y nutrientes, estos últimos de vital importancia en el sector bajo de la cuenca, en las zonas de humedales importantes para las pesquerías (March y Castro, 2010).

Cuencas 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 localiza en el norte del Peten 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.

No obstante, los antecedentes históricos comunes, la dinámica poblacional actual ha presentado características diferenciales para cada cuenca. En el caso del río Candelaria, el agotamiento de los suelos y el fracaso de las actividades productivas hacia finales de la década de los 90's y principios de este siglo, produjo un fenómeno de migración, principalmente hacia los Estados Unidos, que mantuvo el crecimiento poblacional en niveles bajos en la cuenca media y baja. Aunque en términos generales la población del río Candelaria se ha contraído por fenómenos de migración, en los últimos años ha ocurrido una colonización ilegal en la porción media-alta de la cuenca por parte de campesinos de otras entidades, principalmente del estado de Veracruz. Estas localidades marginales se encuentran ampliando la frontera agrícola y comienzan a ejercer presión sobre el Área Estatal Protegida de Balam ku, en la cuenca alta.

En el caso río Hondo, la actividad turística y de prestación de servicios en la cuenca baja del lado mexicano ha mantenido la ola de inmigración que se originó en la segunda mitad del siglo XX. En términos generales, las condiciones de desarrollo son menores en los municipios

fronterizos de ambas cuencas y el grado de marginación a nivel de comunidad aumenta hacia la parte alta de las mismas. Esta situación de pobreza tiene connotaciones ambientales importantes, porque los problemas de contaminación e impacto ambiental suelen ser mayores y más difíciles de eliminar en áreas de alta marginación socioeconómica (Benítez J. A., 2010).

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 el 83% (1,021 km²) se ubica en Guatemala y el restantes 17% en México (209 km²). Se trata de la única cuenca transfronteriza en la cual Guatemala se encuentra simultáneamente en la parte alta y baja; también es la cuenca transfronteriza que registra la mayor densidad de población en toda la frontera compartida por ambos países.

Hidrográficamente, la cuenca del río Suchiate posee dos subcuencas de aporte: la subcuenca del río Suchiate y la del río Cabuz; en su recorrido recorren tierras que presentan fuerte inclinación, desde alturas que van entre los 4,064 metros sobre el nivel del mar (volcán Tacaná) hasta los cero metros, cuando culmina y desemboca al Océano Pacífico, en menos de 100 kilómetros. Setenta y siete de los noventa y dos kilómetros del río Suchiate forman la frontera viva (fluvial) entre México y Guatemala establecida por el tratado de límites de 1882 (Kauffer M Edith F., 2010).

La Cuenca del Río Coatán

Es una cuenca costera de la vertiente del pacífico 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. El río Coatán tiene una longitud de 23 km en territorio guatemalteco y 80 km del lado mexicano, hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Al igual que la cuenca del Suchiate, la del río Coatán presenta en su recorrido de menos de 100 kilómetros una fuerte inclinación, la cual va descendiendo aproximadamente desde los 4,100 m.s.n.m. en el volcán Tacaná donde nace y que comparte con la cuenca del Suchiate, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico a nivel del mar.

La densidad de población total es de 140 habitantes por km², pero la diferencia entre la parte mexicana (103 habitantes por km²) y guatemalteca (206 habitantes por km²) es considerable. Es una de las cuencas más deterioradas de la frontera; subsisten bosques y selvas en

solamente el 23.87% de su superficie. Esta situación es mucho más marcada en Guatemala, ya que únicamente 8.5% de su territorio en esta cuenca tiene todavía bosques o selvas. Así, la parte alta es un territorio donde predomina una agricultura de subsistencia. La población de esta parte de la cuenca es fuertemente marginada y la migración de mano de obra masculina hacia México y Estados Unidos responde a la falta de ingresos suficientes que aseguren su supervivencia.

En la parte baja de la cuenca se localiza la ciudad de Tapachula, la cual se extiende hasta las riberas del río Cahoacán, 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; y ha sido escenario de violentas inundaciones, en 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. En la parte media de la cuenca, que corresponde al municipio de Cacahoatán, en México, existe una problemática de contaminación de las aguas del río derivada del uso agrícola, y en particular de las aguas utilizadas en la producción de café. A ésta se suman las aguas residuales de la zona urbana de Tapachula, que aún no cuenta con una planta de tratamiento en funciones (Kauffer M Edith F., 2010).

Clima

El clima es uno de los factores más importantes en 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 esta realiza. El clima es un factor determinante en la formación del paisaje, en específico, por su influencia directa en la evolución y las características de los suelos, tales como el contenido de materia orgánica, la fertilidad, el color, el grado de acidez, la alcalinidad y la actividad microbiológica.

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, el sistema climático es interactivo y complejo; está constituido por la atmósfera, la litosfera (superficie terrestre) y la hidrosfera (la nieve y el hielo, los océanos, 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 período 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 períodos 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 período 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 sus elementos principales se encuentran: temperatura, precipitación, presión atmosférica, brillo solar, vientos, humedad, etc. La temperatura y la precipitación son los más importantes, ya que a partir de ellos se clasifica y zonifica 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).

Es el clima un elemento de gran importancia en la descripción del medio natural por su directa influencia en la evolución de los suelos, del paisaje y en la presencia y distribución espacial de las especies de flora y fauna. 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; y en la conservación y subsistencia misma de los ecosistemas y recursos naturales (Saavedra A, y López D. 2016).

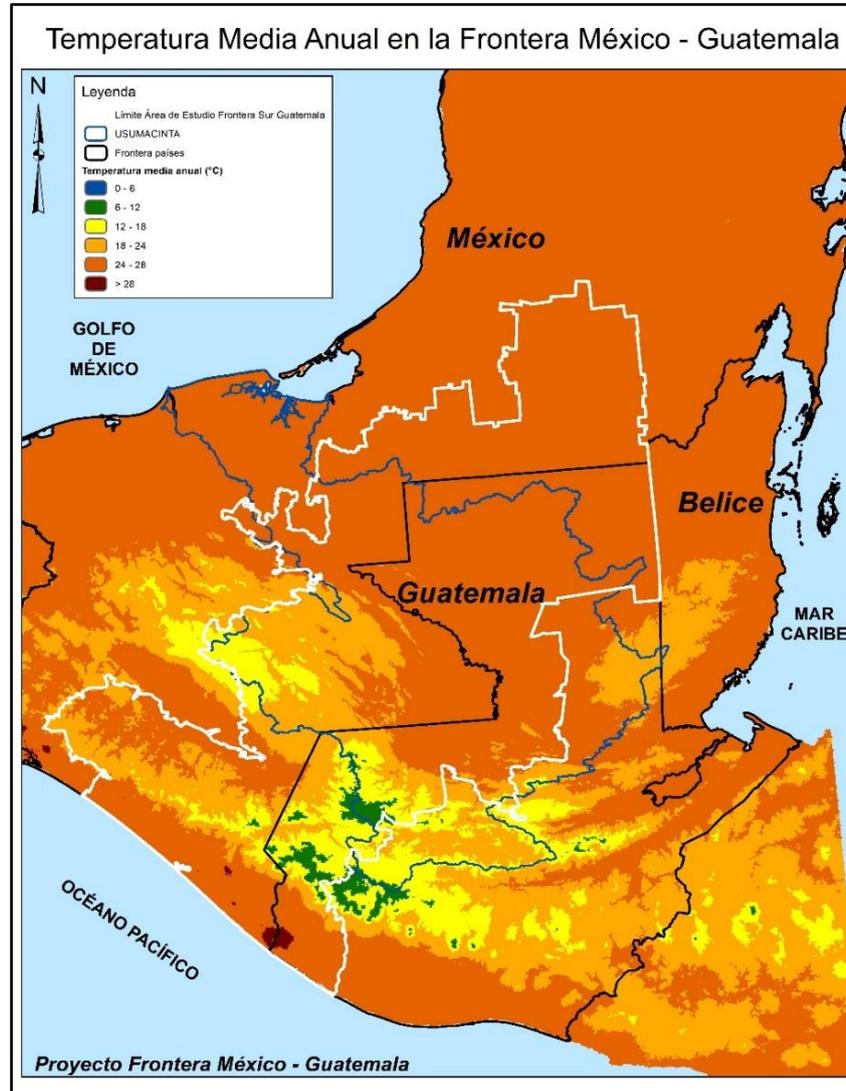
Elementos del Clima

A continuación, se presenta la distribución espacial de las condiciones de precipitación y temperatura, en el área de estudio. El análisis se basa principalmente en la información disponible en el “Atlas Climático Digital de México (ACDM)”, desarrollado por la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM (UNIATMOS), la cual 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), mismas que fueron interpoladas considerando los efectos topográficos conforme a la base Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). La información obtenida del ACDM se procesa y se presenta en mapas con valores de Precipitación Promedio Mensual (mm) y los valores de Temperatura Media Mensual (°C) para el período comprendido entre los años 1950 – 2000.

Temperatura

Como se observa en la **Figura 12**, la distribución espacial de la temperatura media anual en la región de estudio predomina el rango entre 24 y 28°C., le siguen temperaturas medias anuales entre 18 y 24°C, le siguen en importancia por extensión regional los rangos comprendidos entre 12 -18°C y 6-12°C. Su distribución geográfica presenta relación con la altura, lo cual es indicativo de la relación que existe de este parámetro climático (temperatura en °C) con la altitud.

Figura 12. Temperatura promedio anual (°C)

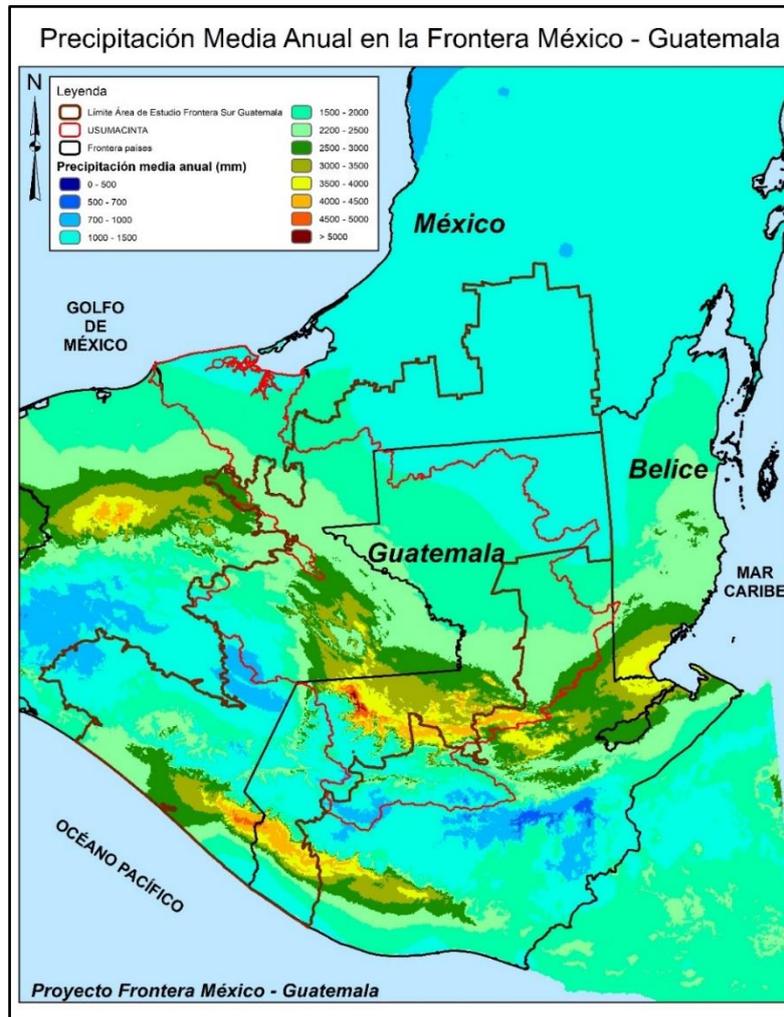


Fuente: datos UNAM, UNIATMOS (1950 – 2000). Elaboración propia

Precipitación

En la Región fronteriza y su contexto regional la precipitación media anual se reclasificó en rangos como se observa en la leyenda de la **Figura 13**, su distribución espacial se presenta generalmente en rango cada 500 mm de precipitación media anual, rangos que al igual que los de la temperatura °C (entre otros), nos ha permitido la separación y delimitación las diferentes unidades climáticas delimitadas en el área de estudio. Presentándose en general los mayores valores en la zona suroeste en áreas de la Sierra Madre Chiapas y Guatemala, así como en un cordón de la región fisiográfica de la Cordillera Centra o Centroamericana.

Figura 13. Precipitación promedio anual (mm)



Fuente: datos UNAM, UNIATMOS (1950 – 2000). Elaboración propia

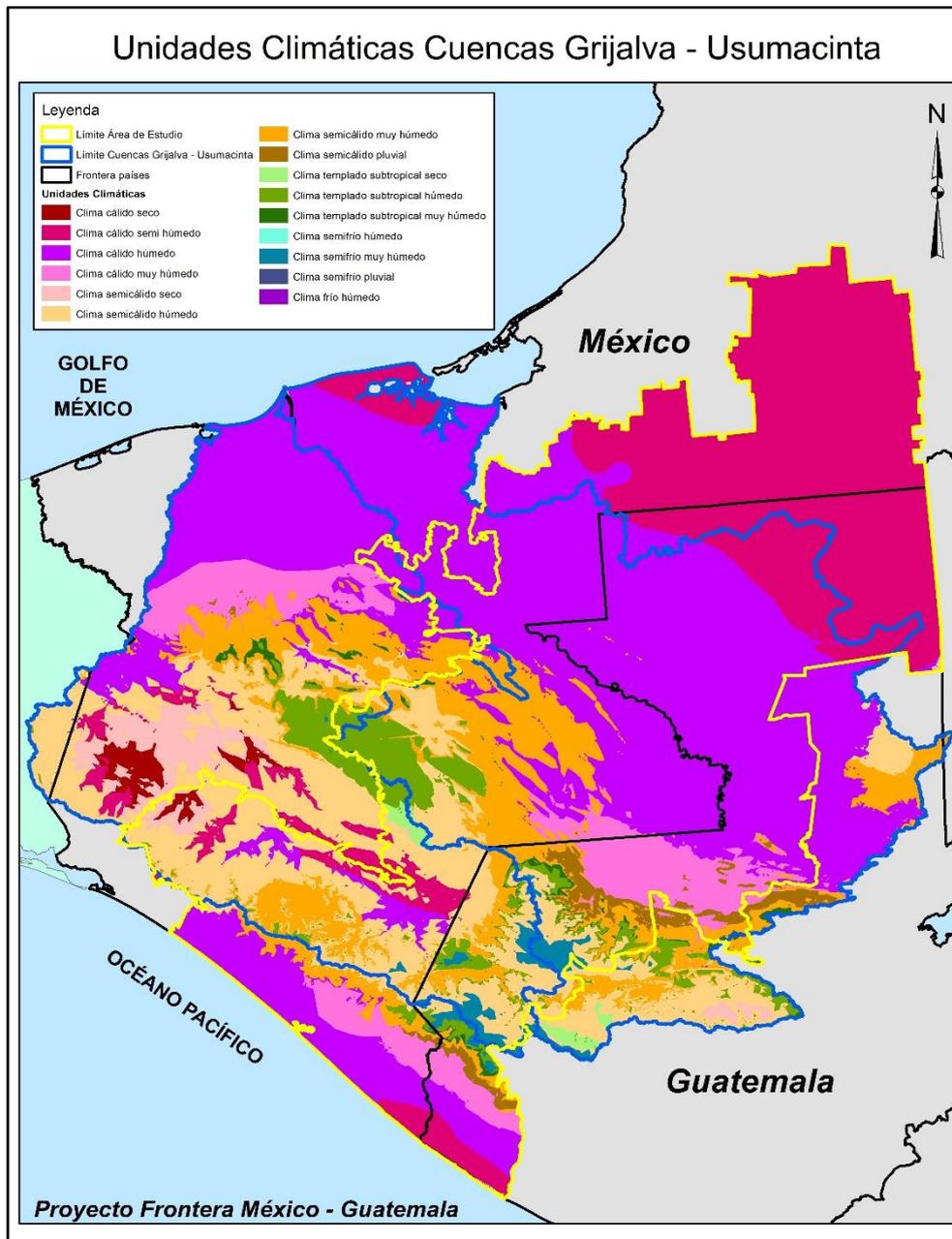
Tipos de Climas en la zona de estudio

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; y se fundamentan principalmente por las diferentes combinaciones de los elementos y factores del clima, esencialmente en las temperaturas y precipitaciones (Saavedra A, y López D. 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). El resultado de la distribución espacial de las unidades climáticas propuestas para la zona de estudio se presenta en las **Figura 14**, incluye las siguientes unidades climáticas: cálido seco,

cálido semihúmedo, cálido húmedo, cálido muy húmedo, semicálido seco, semicálido húmedo, semicálido muy húmedo, semicálido pluvial, templado subtropical seco, templado subtropical húmedo, templado subtropical muy húmedo, semifrío húmedo, semifrío muy húmedo, semifrío pluvial y frío húmedo.

Figura 14. Unidades Climáticas de la Zona de Estudio en el Contexto Gran Cuenca Grijalva - Usumacinta



Fuente: datos UNAM, UNIATMOS (1950 – 2000). Elaboración propia

El clima en el área de estudio varía desde cálido semi húmedo en las tierras bajas cálidas húmedas en regiones de las vertientes del Atlántico y del Golfo de México en la región norte

del Petén en sectores de las cuencas de los ríos Candelaria, San Pedro, Hondo, Escondido, Varias, Caribe, Laguna Yaxja y Belice; así como en la vertiente del Pacífico o Costa de Chiapas en sectores de las cuencas de los ríos Suchiate, Naranjo, Ocosito, Ojo, Ixquilla, Cola de Pollo, Bolas y Samala en Guatemala y del lado en las cuencas de los ríos Suchiate, Cozoloapan, Cahuacán y Puerto Madero. También está presente en sectores de las cuencas de los ríos Salegua, La Angostura, Lagartero, Aguacatencho y San Miguel principalmente y del lado guatemalteco en sectores de la vertiente del Golfo de México – región hidrológica del Usumacinta en áreas de la cuenca Nenton y Selegua principalmente. Pasando por las tierras medias templadas de clima semicálido y las tierras altas templadas de clima templado subtropical; hasta las tierras altas semifrías de clima semifrío y las tierras altas frías de clima frío. 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 Holdridge⁶.

Clima Cálido Seco

Con precipitaciones entre 700 y 1,000 mm anuales, temperatura anual mayores de 24°C, y altitudes menores a 500 m.s.n.m.; 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 Semi Húmedo

Presenta una precipitación pluvial anual entre 1000 y 1500mm, una temperatura media anual mayor de 24°C y altitudes < a 500m.s.n.m.; pertenece a la provincia de humedad Subhúmeda y a la zona de vida de Bosque semi húmedo tropical (bsh-T). Esta Unidad climática se creó en esta propuesta para dividir y separar una gran región que de acuerdo con las zonas de vida entraría zona de bosque seco tropical, provincia de humedad, seca (subhúmeda). Hace parte de 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 Chipas.

⁶ 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 (L.R. Holdridge, 1987).

Clima Cálido Húmedo

Comprenden una precipitación de 1,500 a 3,000 mm anuales, temperatura media anual > a 24°C, y altitudes inferiores a 500 m.s.n.m.; concerniente 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 entre 3,000 y 6,000 mm anuales, temperatura media anual > a 24°C, y altitudes menores a 500 m.s.n.m.; 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 entre 500 y 1,000 mm anuales, temperatura anual entre los 18 y 24°C, y altitudes entre los 300 y 1,500 m.s.n.m.; 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

Comprenden precipitaciones entre 1,000 y 2,000 mm anuales, temperatura anual entre los 18 y 24°C, y altitudes entre los 300 y 1,500 m.s.n.m.; 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 Chipas.

Clima Semicálido muy Húmedo

Presenta precipitaciones entre 2,000 y 4,000 mm anuales, temperatura anual entre los 18 y 24°C, y altitudes entre los 300 y 1,500 m.s.n.m.; 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). Hace parte de 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 m.s.n.m.; 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 solamente un pequeño sector del lado mexicano y formando un cordón en la Cordillera Centroamericana cercano y de forma paralela a la Llanura del pacífico.

Clima Templado Subtropical Seco

Presenta precipitaciones entre 500 y 1,000mm anuales, temperatura media anual entre los 12 y 18°C, y altitudes entre los 1,500 y 3,500 m.s.n.m.; 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 entre 1,000 y 2,000mm anuales, temperatura media anual entre los 12 y 18°C, y altitudes entre los 1,500 y 3,500 m.s.n.m.; 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 entre 2,000 y 4,000mm anuales, temperatura media anual entre los 12 y 18°C, y altitudes entre los 1,500 y 3,500 m.s.n.m.; 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 entre 1,000 y 2,000mm anuales, temperatura media anual entre los 6 y 12°C, y altitudes mayores a 3,500 m.s.n.m.; 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).

Clima Semifrío muy Húmedo.

Presenta precipitaciones entre 1,000 y 2,000mm anuales, temperatura media anual entre los 6 y 12°C, y altitudes mayores a 3,500 m.s.n.m.; 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 m.s.n.m.) 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 Semifrío Pluvial.

Con precipitaciones entre 2,000 y 4,000mm anuales, temperatura media anual entre los 6 y 12°C, y altitudes entre 2,500 y 3,200 m.s.n.m.; corresponde a la región templada Fría, provincia de humedad, superhúmeda y a la zona de vida de Bosque Pluvial Montano (bp-M).

Clima Frío Húmedo

Presenta precipitaciones entre 500 y 1,000mm anuales, temperatura media anual entre los 3 y 6°C, y altitudes entre 3,200 y 3,700 m.s.n.m.; 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

Las características geológicas regionales y 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 y trascendencia en esta región tan propensa y susceptible a los desastres naturales, que van desde los ocasionados por las condiciones y realidades geológicas, como terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos e inundaciones, hasta aquellos ocasionados por fenómenos atmosféricos propios de un clima tropical.

Desastres 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 afectan algunas veces de manera catastrófica el territorio. Es así como a través de las distintas fuerzas, riesgos y amenazas geológicas (tectónicas, sísmicas y vulcanológicas) en las diversas zonas del sureste de México y del norte de Guatemala (zonas del norte de Centroamérica⁷) se dan estas catástrofes naturales que afectan con frecuencia la población y el medio ambiente. De ahí la importancia de conocer los aspectos geológicos y los riesgos 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, C., 1935; Sapper 1937) 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 Colombia⁸. Según Morán- Zenteno et al., 2000, citado por Padilla y Sánchez., 2007, esta complejidad se debe a los movimientos de las placas tectónicas norteamericana, 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

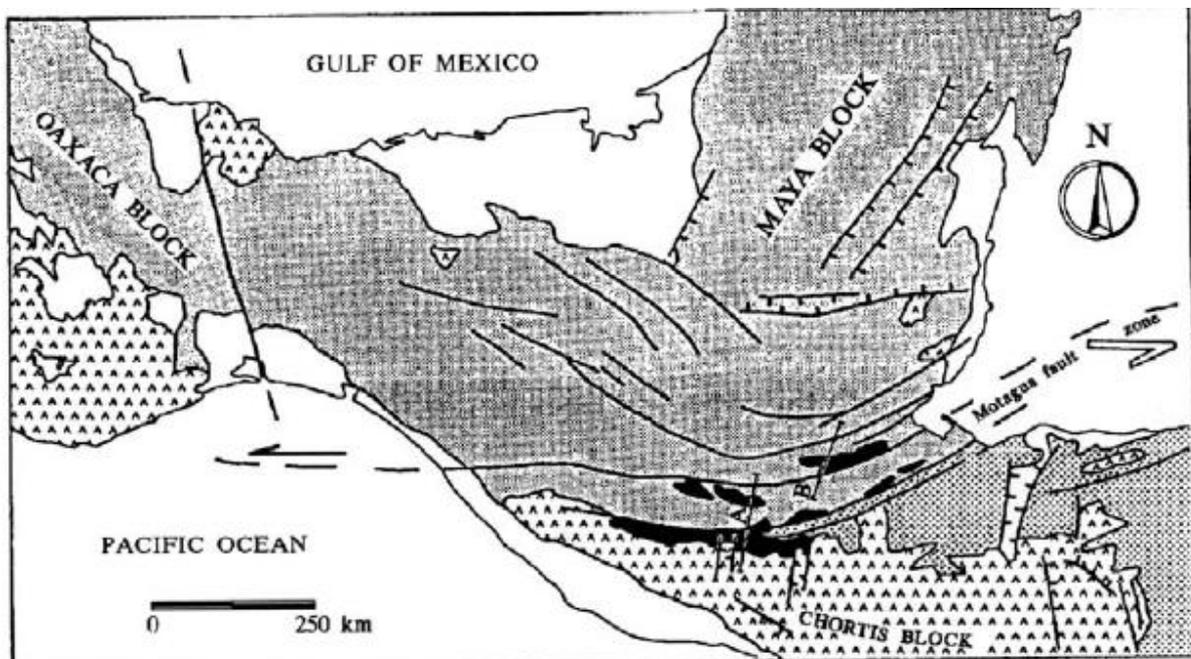
⁷ Según Álvarez J, (2004) geológicamente el norte de Centroamérica corresponde a la corteza continental perteneciente a la placa del caribe situada en el extremo noroeste de ésta y al noroeste de las cordilleras costarricenses de Guanacaste, central y de Talamanca en el istmo centroamericano.

⁸ Caribbean Central America Dengo, Gabriel, 1985. In: Bird and Schwartz, eds., *The World's Coastline*. New York, Van Nostrand, pp. 117-124.

V., 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 continua, de una manera dispersa hasta Panamá; siendo Guatemala el país con mayor número de volcanes, 288 según Bohnenberger (1978), citado por Rosales V., 2012. Este paisaje montañoso conforma la denominada cadena volcánica del Pacífico del período Terciario, y su mayor expresión de vulcanismo explosivo fue durante las épocas del Eoceno - Oligoceno (de 46 Ma⁹ a 32 Ma, Sigurdsson et al. [2000]), citados por Álvarez J, (2004).

La parte norte de América Central está constituida por Guatemala, Belice, Honduras y el norte de Nicaragua, la cual presenta una corteza tipo continental con rocas de la Era Paleozoica, de tipo metamórficas e ígneas - plutónicas (de mayor edad que el Paleozoico) y que los investigadores han dividido en los bloques Maya y Chortis (**Figura 15**). 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 15. Esquema tectónico. (modificado de Dengo, 1986 y del mapa geológico de la República de Guatemala).



Fuente: Giunta et al., 1996. Geología de las márgenes de la Placa del Caribe.

⁹ Millones de años

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; Lallemant y Gordon, 1999, citados por Álvarez J, 2004) y está sustentado por un basamento del Precámbrico al Paleozoico de la Placa Caribe (Bundschuh & Alvarado, 2007, citado por Denyer, 2012). Según Chiquín y Requena, (2001), el bloque Maya forma la parte continental del sur de la Placa Norteamericana y comprende la península de Yucatán, Belice, norte de Guatemala y el sureste de México; y el bloque Chortís forma la parte oriental de la Placa Caribe, reagrupando el sur de Guatemala, Honduras, Salvador y un sector del norte de Nicaragua.

En Centroamérica¹⁰ y particularmente Guatemala está controlada tectónicamente por la interacción de estas placas; la Placa Norteamericana 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 16**). 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- Zenteno et al. 2000, citado por Padilla y Sánchez, (2007), las estructuras resultantes de esta actividad tectónica durante el Mesozoico y Cenozoico¹¹ 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.

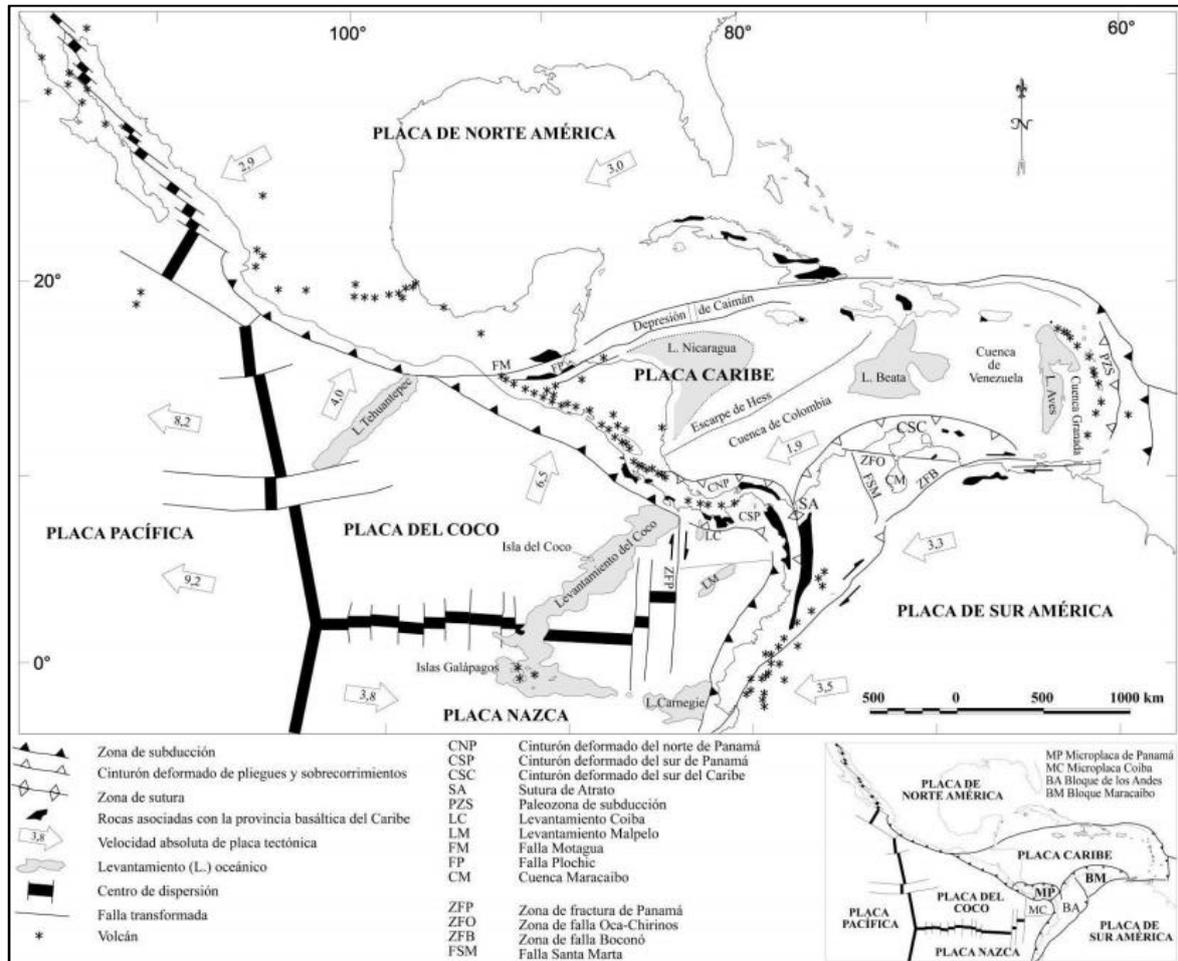
Durante el Terciario se inicia, en gran parte de los estados de Chiapas y Tabasco en México, la sedimentación terrígena marina, la cual es producto del levantamiento de la porción occidental de México y el plegamiento de la Sierra Madre Oriental, en tanto que en la Península de Yucatán continuaba el depósito de carbonatos con la emersión paulatina de su parte central. Según Rosales V., 2012., durante el mismo período 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

¹⁰ Álvarez J, (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 aquí hasta Colombia.

¹¹ Véase anexo Escala del tiempo geológico en las eras Cenozoico y Mesozoico.

Centroamérica conformaron un arco abierto hacia el norte, que se extienden de México, Guatemala, Honduras, y el noreste de Nicaragua hasta el Caribe.

Figura 16. Placas tectónicas.



Fuente: Basado en Case et al. 1994, Donnelly 1994, Mann et al. 1990 y Meschede & Frisch 1998.

Tomado de Denyer, P. (2012)

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 V., 2012., durante el mismo período 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.

De acuerdo con Morán- Zenteno, 1985., en la Península de Yucatán, y gran parte del Estado de Chiapas se instaura 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 (Viniegra, 1981). Esta franja se puede localizar en el subsuelo de la mitad del Estado de Tabasco, y en proporciones del noreste de Chiapas y la plataforma marina de Campeche.

En la mayor parte de la región que comprende la Península de Yucatán, aflora una secuencia Cenozoica, principalmente calcárea, que no presenta deformaciones significativas y está formada por capas que conservan una condición horizontal. 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 del Petén) en Guatemala y la región norte del país de Belice. Estas regiones hacen 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 principalmente por rocas que se encuentra 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 Centroamericana. 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 algunas 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

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

ERA GEOLÓGICA	PERÍODO GEOLÓGICO	SERIE / ÉPOCA	LITOLOGIA			
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos superficiales Fluviales (Aluviales)			
			Depósitos superficiales Fluvio - Marino (Palustres)			
			Depósitos superficiales Lacustres			
			Depósitos superficiales Marino Litoral			
			Sedimentarias - Travertino			
		SIN ESPECIFICAR	Volcánica - Máficas			
	TERCIARIO	NEÓGENO	PLIO / PLEISTOCENO	Limolita - Arenisca		
				Conglomerados		
				Areniscas		
				Arcillosas ¹² /Conglomerados		
				Calizas		
				Toba intermedia -SE-		
				Areniscas		
				Félsicas - SE-		
				Andesitas		
				PALEOGENO	OLIGOCENO	Lutitas/Areniscas
						Calizas - Lutitas
						Calizas
				EOCENO	Limolitas/Areniscas	
					Lutitas/Areniscas	
Calizas						
PALEOCENO	Calizas					
	Calizas - Lutitas					
	Lutitas/Areniscas					
MESOZOICO	CRETÁCICO	Sin Especificar - SE	Calizas			
			Granito			
			Calizas/Lutitas			
			Calizas			
		INFERIOR	Calizas			
		SE	Limolitas/Areniscas			
			Sedimentarias SE			
PALEOZOICO	PÉRMICO	SUPERIOR	Calizas / Areniscas			
			Metamórficas SE			

¹² Información de campo (Saavedra A., López D., 2017 -2018).

	SE		Granito
			Gneis
			Calizas
			Calizas / Areniscas
PRECAMBRICO	SE		Esquistos

Fuente: Datos INEGI – IGN y elaboración propia

Los principales materiales geológicos presentes en esta región lo constituyen 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). También se encuentran 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 morfogenéticos del relieve que componen la fisiografía de la región.

Relieve (pendiente)

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 la 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: degradacionales o denudacionales, y agradacionales. Los procesos denudacionales se refieren a la meteorización de los cuerpos rocosos continentales expuestos al desgaste del regolito (roca meteorizada), resultante 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 geoformas 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, los 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 p.135 ; 2005 p.121).

Aspectos del relieve

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 píxel de 30 m (INEGI, 2013). El mapa de pendientes así calculado en porcentaje se reclasificó de acuerdo con la **Tabla 6**.

Tabla 6. Rangos de pendiente y relieves¹³

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

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 18** se muestra el mapa en rangos que representa la distribución espacial de la altitud en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

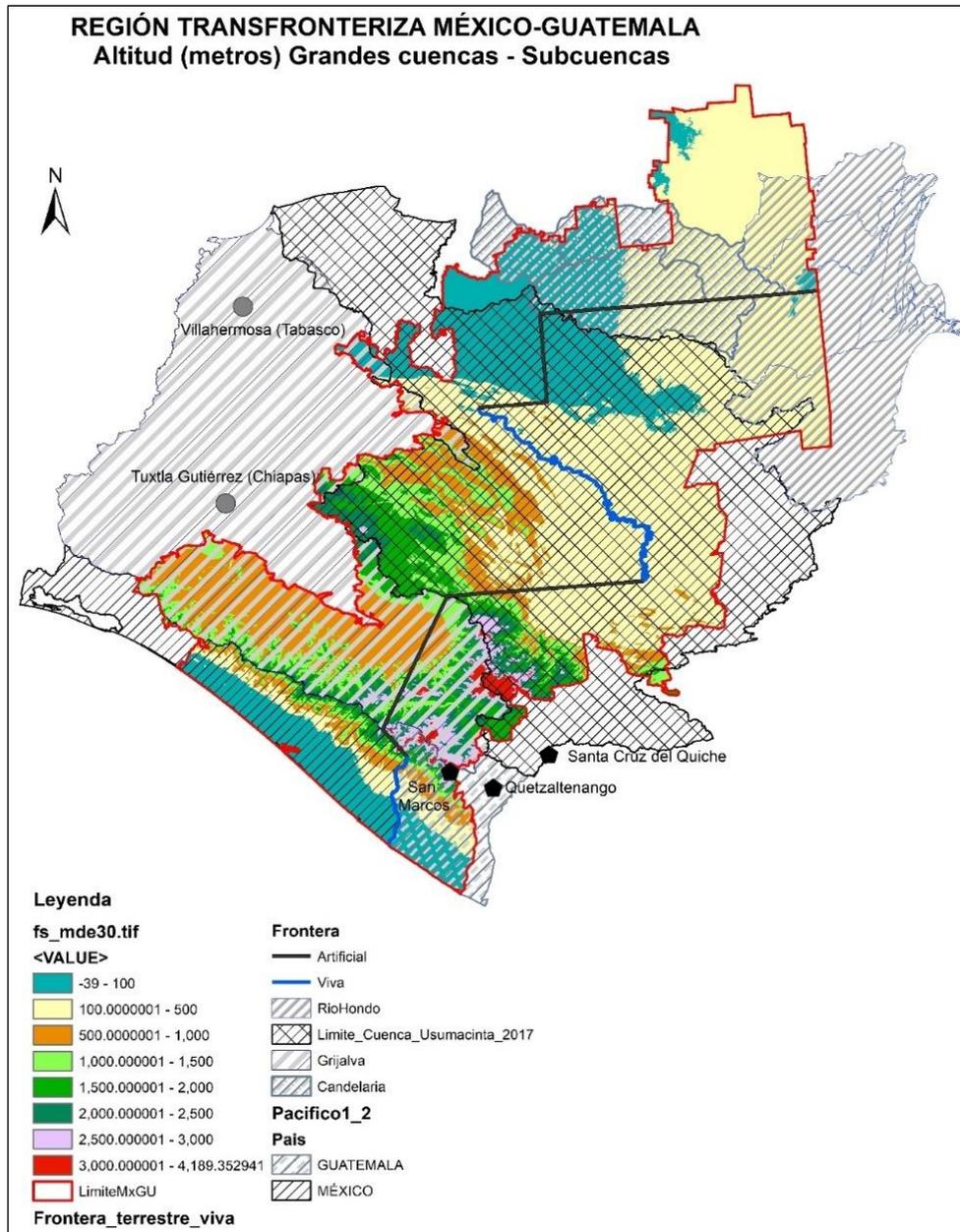
La mayor parte del área de análisis corresponde a tierras bajas con altitudes menores a 500 m.s.n.m., comprenden los sectores medio bajo de la gran cuenca del río Usumacinta, las subcuencas de los ríos candelaria y Hondo y la mayor parte de la vertiente pacífica. El resto del área, aproximadamente una tercera parte, presenta alturas que fluctúan entre los 1000 y 4000 m.s.n.m. las mayores alturas se encuentran en el sector de Guatemala y corresponde en su mayoría 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.

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 and Butcher, 1986, citados por Moore et al., 1991). La dimensionalidad del gradiente y la ruta de flujo (inclinación y longitud de la pendiente) se

¹³ "Manual de atributos de levantamientos de recursos de las tierras", de la Subdirección de Agrología. IGAC, Colombia 2002.

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

Figura 18. Mapa de altitud (m.s.n.m.).



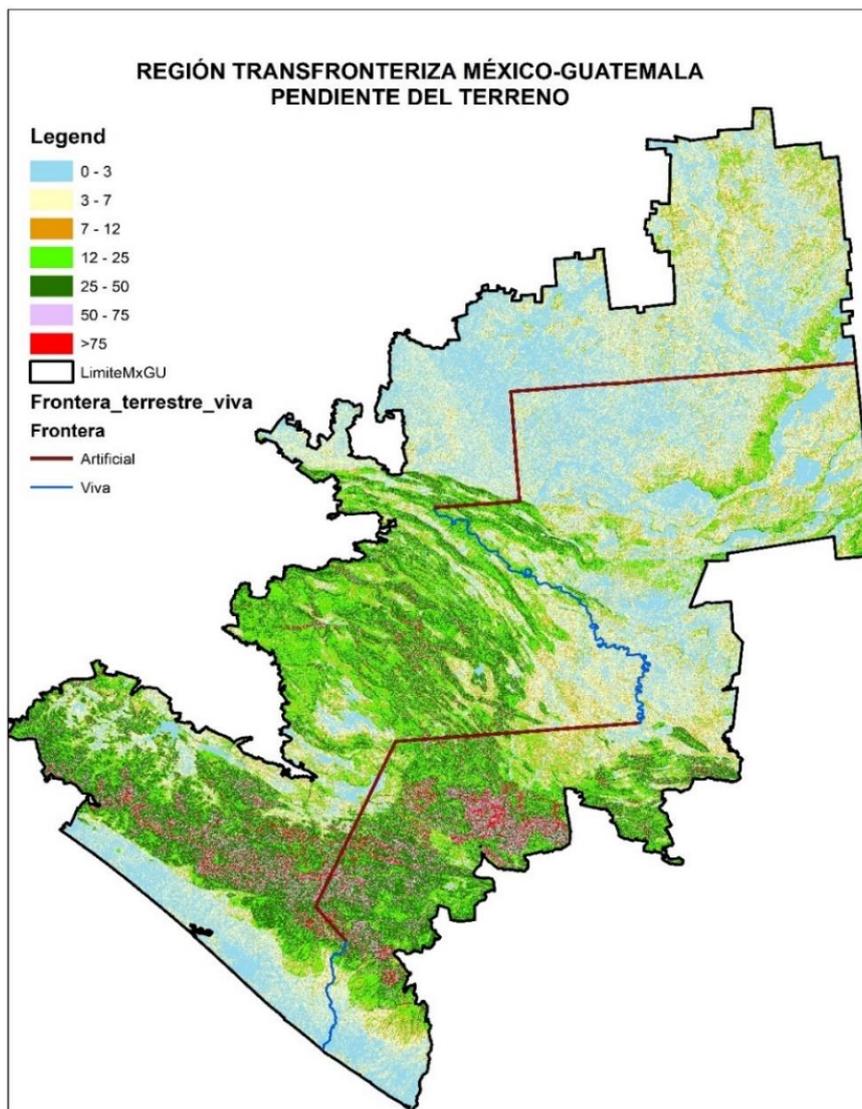
Fuente: Modelo de Elevación Digital, resolución 15m. Elaboración propia

De acuerdo con Van Zuidam (1986), los mapas de morfo-conservación 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 19** 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 m.s.n.m., 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 1000 m.s.n.m. presentan pendientes predominantes de 12 – 25 y 25 – 50%, y pequeños sectores con pendientes de 50-75% y mayores a 75%.

Figura 19. Mapa de pendientes (%)



Fuente: INEGI – Elaboración propia

Fisiografía / Suelos

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, H. (1989), 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 el clima, geología, origen y edad de los materiales rocosos, geomorfología, la hidrografía e indirectamente aspectos bióticos (incluye la actividad antrópica), en la medida 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 hacen parte e 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 A y López D., 2015).

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 conocer algunos de los procesos y fuerzas endógenas y exógenas que actual o potencialmente intervienen en ellos.

Esta sección va orientada principalmente a describir las formas del relieve (a nivel de Gran Paisaje) de la región transfronteriza delimitadas, aplicando la metodología del análisis fisiográfico¹⁴.

¹⁴ La Clasificación fisiográfica del terreno según la metodología propuesta (Villota, H, IGAC- CIAF. 1997, p.p. 83-115, Op. Cit.).

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 hacen parte de ella. Con base en estas premisas se determinó el área denominada Región Maya **-RM-**. La determinación del área de contexto con estas características permite implementar la metodología de análisis fisiográfico a nivel de la región.

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 realiza el análisis fisiográfico del área de estudio, 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 A y López D., 2015). Para realizar este análisis, por consiguiente, se requiere principalmente de información geológica, climática y geomorfológica.

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 posteriormente los grandes paisajes fisiográficos unidad hasta la cual se llega en el análisis del presente estudio.

Geoestructura o estructuras geológicas

La Región transfronteriza se encuentra incluida en dos geoestructuras continentales definidas para el área de contexto de la RM, denominadas (1) Gran Cuenca de Sedimentación la cual incluye áreas del Golfo de México, el Mar Caribe y el Océano Pacífico y (2) la Cordillera de Plegamiento (**Figura 20**).

Figura 20. Geoestructuras en la Región Maya



Fuente: Elaboración propia

Provincias Fisiográficas

Es la primera categoría del sistema de clasificación y comprende la región natural en la cual puede contener una o más unidades climáticas, y a la vez, está constituida 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 delimitadas y denominadas por Saavedra A., 2013. (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. De las provincias fisiográficas anteriormente señaladas y presentes en la región, solo dos provincias no se describirán, la primera corresponde a la Sierra Maya que escasamente entra en el sector donde confluye el límite político-administrativo de los tres países fronterizos y la segunda que corresponde a la Llanura del Caribe que no entra en el área de estudio delimitada. En la **Figura 21** se muestra el mapa correspondiente a las Provincias fisiográficas que conforman el territorio del área de contexto (RM) donde está incluida y calificada el área de estudio y su correspondiente descripción.

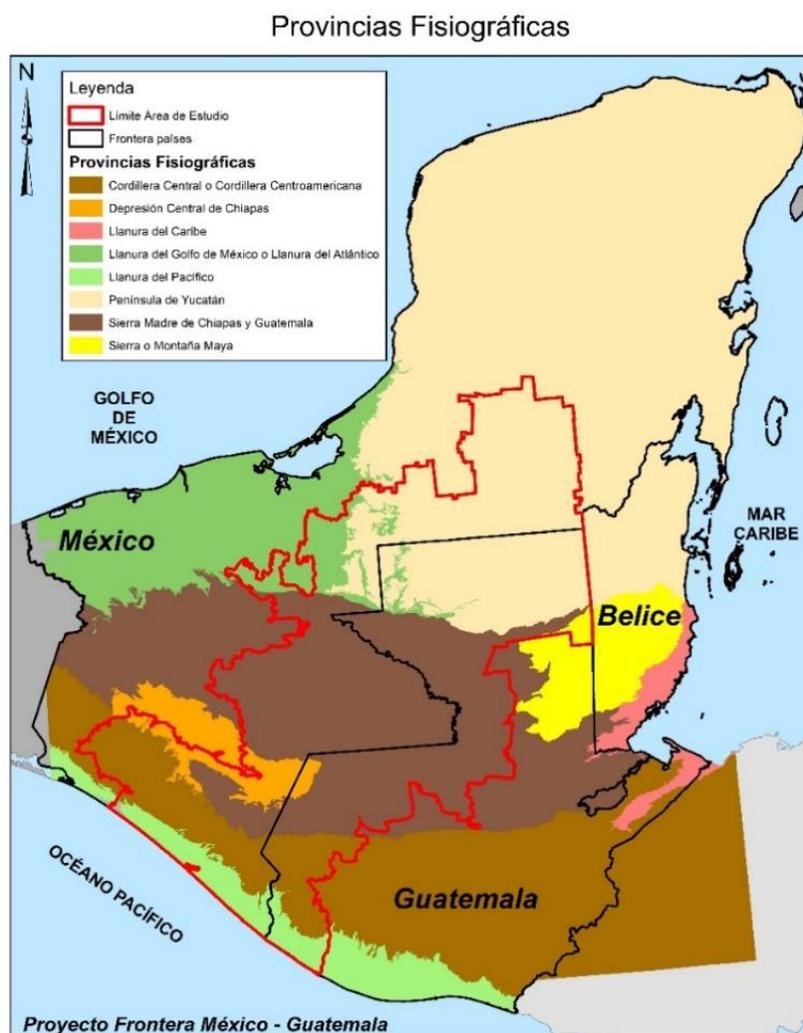
Sierra Madre de Chiapas y Guatemala

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; al igual que varios sistemas intramontanos de colinas, lomeríos y valles. Las montañas, altiplanicie, lomeríos y colinas como grandes paisajes que forman parte de esta región, en su mayoría presentan ambientes morfogenéticos disolucionales y estructurales, y están constituidas rocas sedimentarias carbonatadas (calizas, calizas/lutitas) y rocas sedimentarias clásticas limo-arcillosas, arenosas y conglomeráticas (lutitas/areniscas, limolitas/areniscas, arenisca arcillosa y conglomerados desarrolladas durante los períodos Terciario y Cretácico, las cuales han sido moldeadas tanto por procesos estructurales denudacionales y disolucionales, como por procesos erosivos o denudativos desde su formación hasta la época actual; así como los relieves depositacionales que conforman los valles y vallecitos aluviales constituidos por depósitos superficiales clásticos del Cuaternario.

Cordillera Central o Centroamericana

La cordillera centroamericana pertenece a una extensa cadena montañosa, conformado por relieves montañosos erosionales de crestas ramificadas, constituidos por rocas ígneas plutónicas o intrusivas principalmente granito del Mesozoico y Paleozoico, y algunos sectores por rocas metamórficas conformadas por 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. El relieve volcánico está conformado por estratovolcanes, volcanes, conos volcánicos y coladas de lava, constituidas por rocas ígneas volcánicas o extrusivas de andesita, diabasas e ignimbritas (riolitas) del Terciario (Neógeno-Mioceno); y materiales piroclásticos consolidados de tobas (ceniza - pumita), al igual que varios sistemas de colinas escarpadas, lomeríos y valles intramontanos (**Figura PF**).

Figura 21. Provincias Fisiográficas en la Región Maya



Fuente: Elaboración propia

Península de Yucatán

Esta provincia fisiográfica hace parte de la región del mismo nombre e incluye la región baja del Petén, se caracteriza por presentar paisajes de valles erosionales, relieves colinados, lomeríos y superficies alomadas disolucionales que no presenta deformaciones significativas y están formados por capas que conservan una relativa condición horizontal. La mayor parte de esta provincia localizada en el área de estudio se caracteriza por presentar rocas sedimentarias carbonatadas correspondientes a calizas del Terciario (Paleógeno – Paleoceno-Eoceno), y en algunos sectores se presentan calizas del Mesozoico período Cretácico, las cuales 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 cuyo relieve o topografía presenta poco desnivel (altura relativa) y en varios sectores permiten durante su recorrido desarrollar paisajes de orillares y plano de inundación propias de una llanura aluvial de desborde (valle aluvial de río meándrico), conformando curvaturas y sinuosidades, conocidos y denominados como meandros. Otros grandes paisajes en esta provincia lo conforman la denominada llanura mixta y el relieve colinado o lomeríos erosional. Litológicamente la llanura aluvial del Golfo de México está constituida por depósitos aluviales recientes del Cuaternario y el otro gran paisaje que conforma la provincia fisiográfica pertenece a la llanura mixta, la cual está constituida por depósitos superficiales fluvio-lacustres. Por otra parte, esta provincia fisiográfica está sujeta a inundaciones frecuentes y periódicas, que además descargan los sedimentos transportados por los ríos que atraviesan y surcan los relieves montañosos y colinados de la vertiente del Golfo de México, y de la cual hacen parte la cuenca del río Usumacinta y el Grijalva (RH-Grijalva-Usumacinta), dos cuencas importantes en esta región y que comparten México y Guatemala, las cuales vierten sus aguas completamente al Golfo de México.

Llanura del Pacífico

Esta provincia fisiográfica pertenece a una amplia llanura aluvial de piedemonte que de acuerdo con H. Villota, (1991) es una planicie inclinada con topografía de glacis, que se desarrolla al pie de un sistema montañoso o de serranías, el cual ha sido formado por la sedimentación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más elevados y se extiende hacia las zonas más bajas y abiertas. También hace parte de esta provincia la

denominada llanura marina (costas marinas), la cual es el resultado de movimientos relativos entre tierra firme y océanos y se localiza cerca al mar, cuyo relieve presenta ligero desnivel y poca inclinación. Esta unidad hace parte de la denominada costa de Chiapas y es parte de una porción de la denominada vertiente del Pacífico en Guatemala y México. Litológicamente está constituida la llanura aluvial de piedemonte por depósitos superficiales aluviales y la llanura marina por depósitos superficiales marino litoral recientes del Cuaternario.

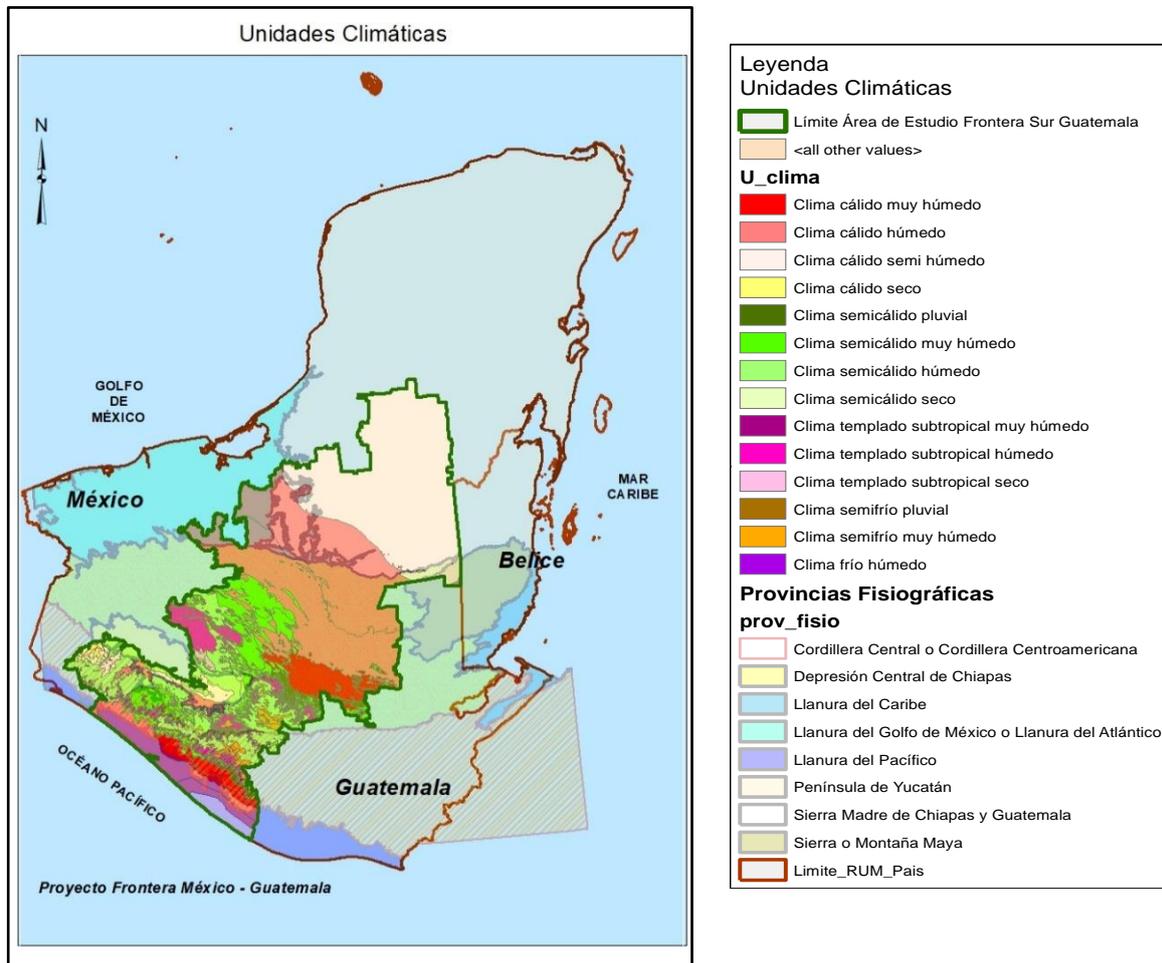
Depresión Central de Chiapas

La provincia Depresión Central de Chiapas es 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, valles, y superficies alomadas en su mayoría estructurales y disolucionales, constituidas rocas sedimentarias carbonatadas (calizas, calizas/lutitas) y rocas sedimentarias clásticas limo-arcillosas (lutitas/areniscas y limolitas/areniscas desarrolladas durante los períodos 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 disponible son lo bastante homogéneas como para manifestarse en la génesis específica de los suelos y en 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 22**) que califican, caracterizan y diferencian las provincias fisiográficas señaladas en la región.

Figura 22. Unidades climáticas en la región transfronteriza



Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 7** se mencionan las regiones climáticas, las cuales contienen las unidades climáticas, las provincias de humedad y los atributos del clima presentes en el área de la región transfronteriza; también se muestran en la tabla las características de cada unidad climática propuesta, en términos de precipitación, temperatura, provincia de humedad y altitud.

Tabla 7. Características de las unidades climáticas propuestas para la Región Transfronteriza.

Región climática	Unidad climática	Provincia de humedad	Zona de vida	Atributos del clima ¹⁵	Clasificación W. Köppen mod. E. García
Tierras bajas cálidas	Cálido seco	Tropical seco	Bosque seco tropical	PPT 700 mm-1,000 mm TmA °C > 24 0 – 500 m. s. n. m.	Semiseco muy cálido
	Cálido semihúmedo	Tropical subhúmedo	Bosque semihúmedo tropical	PPT 1,000 mm-1,500 mm TmA °C > 24 0 – 500 m. s. n. m.	Cálido semihúmedo
	Cálido húmedo	Tropical húmedo	Bosque húmedo tropical	PPT 1,500 mm a 3000 mm TmA °C >24 0 - 500 m. s. n. m.	Cálido húmedo/ Cálido semihúmedo
	Cálido muy húmedo	Tropical muy húmedo (perhúmeda)	Bosque muy húmedo tropical	PPT 3,000 mm a 6,000 mm TmA °C >24 100 - 1000 m. s. n. m.	Cálido húmedo
Tierras medias templadas	Semi cálido seco	Templada subtropical seca (subhúmeda)	Bosque seco premontano	PPT 500 mm a 1,000 mm TmA °C 18 - 24 500 - 1,000 m s. n. m.	Semicálido subhúmedo
	Semi cálido húmedo	Templada subtropical húmeda	Bosque húmedo premontano	PPT 1,000 mm a 2,000 mm TmA °C 18 - 24 500 - 1,000 m. s. n. m.	Semicálido húmedo
	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 m. s. n. m.	Semicálido muy húmedo
	Semicálido pluvial	Templada subtropical pluvial	Bosque pluvial premontano	PPT mayor a 4,000 mm TmA °C 18 – 24	Semicálido pluvial

¹⁵ 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.

		(superhúmeda)		300 - 1,500 m. s. n. m.	
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 m. s. n. m.	Templado subhúmedo
	Templado subtropical húmedo	Templada subtropical húmeda	Bosque húmedo montano bajo	PPT 1,000 - 2,000 mm. TmA °C 12 - 18 1,500 - 2,500 m s. n. m	Templado húmedo
	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 m. s. n. m.	Templado muy húmedo
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 m. s. n. m.	Semi frío muy húmedo
	Semifrío pluvial	Templada fría pluvial (Superhúmeda)	Bosque pluvial montano	PPT 2,000 a 4,000 mm. TmA °C 6 - 12 2,500 - 3,200 m. s. n. m.	Semi frío pluvial
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 m. s. n. m.	Frío de alta montaña

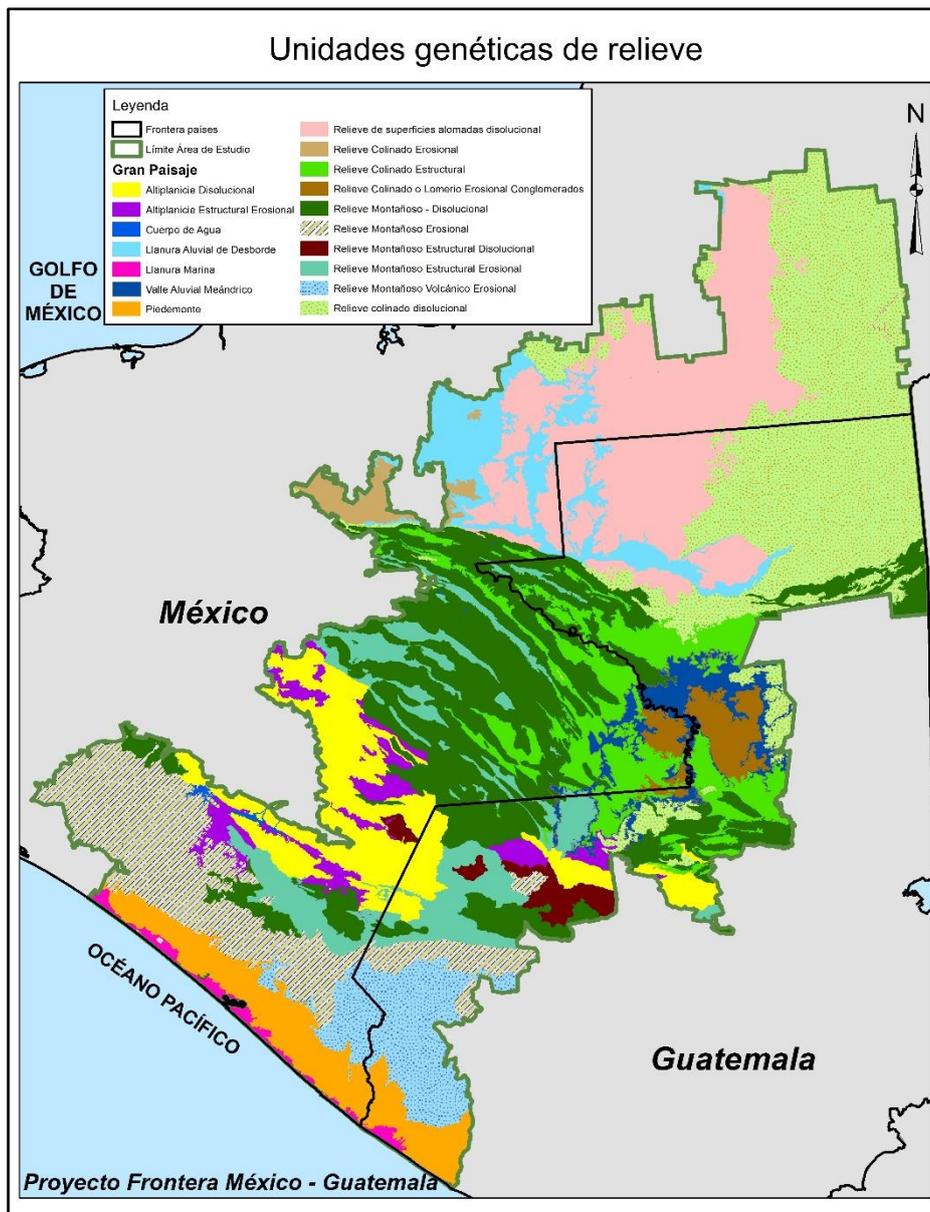
PPT: Precipitación media anual; TmA: Temperatura media anual; m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar; mm: milímetros.

Fuente: Saavedra A. y Castellanos L., 2013.

Grandes Paisajes

De acuerdo con la metodología implementada, que considera cinco (5) categorías, para este estudio solo se contempla hasta la tercera categoría, es decir, a nivel de Grandes Paisajes. Esta categoría corresponde en términos geomorfológicos a la unidad genética de relieve (**Figura 22**) y comprende unidades con relaciones de afinidad de tipo geogenético, litológico y topográfico.

Figura 22. Unidades genéticas de relieve.



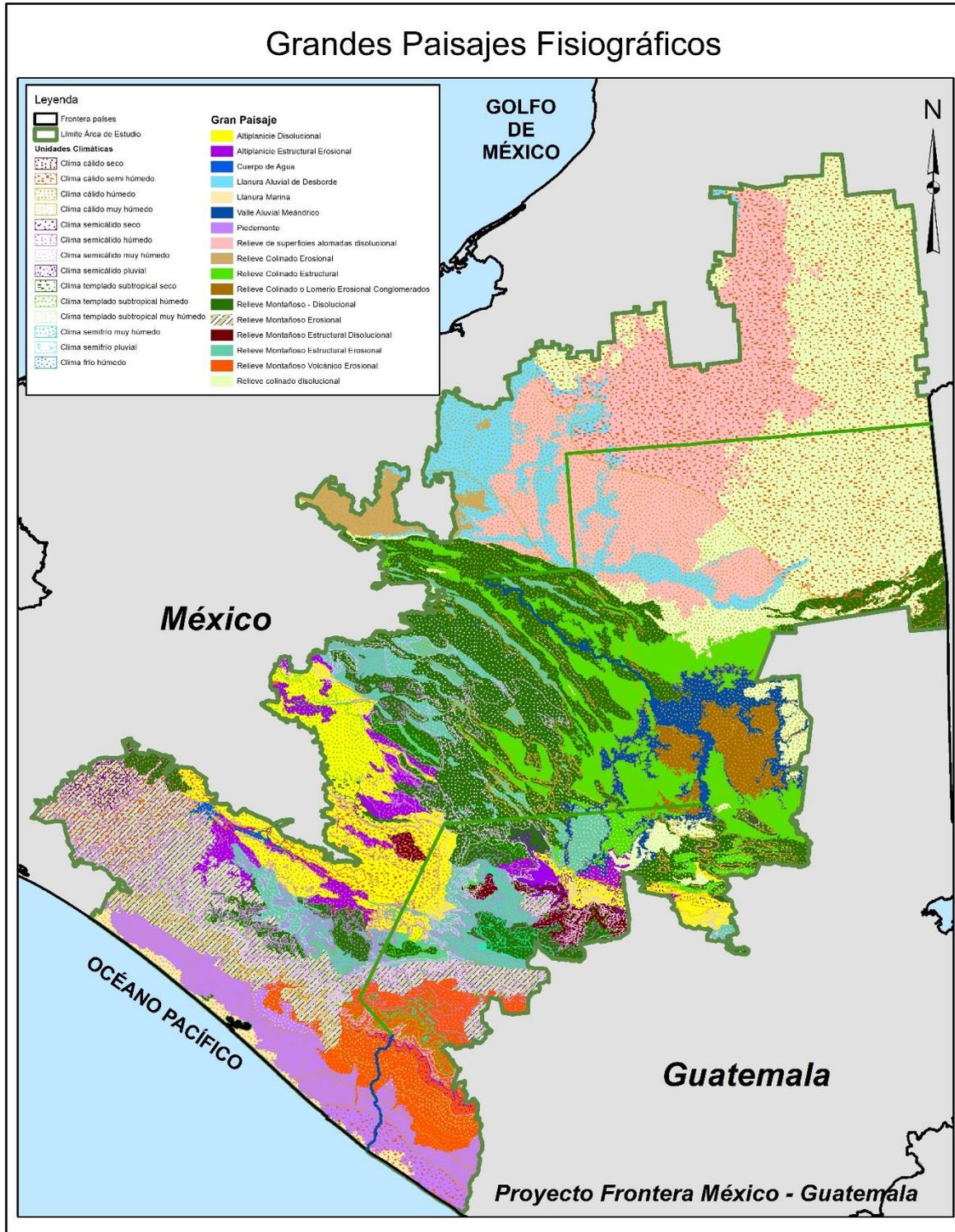
Fuente: Elaboración propia

Los Grandes Paisajes que a continuación se describen, se encuentran aproximadamente desde los (cero) 0 metros hasta los 4200 m.s.n.m. Se identificaron los *grandes paisajes fisiográficos*

que se muestra en la **Figura 23**, los cuales presentan cierta afinidad de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico, y están constituidos a su vez, por diferentes tipos de paisajes.

A continuación, se describen los grandes paisajes identificados en el área de estudio de la REGIÓN TRANSFRONTERIZA México-Guatemala. Con respecto a la categoría de los Paisajes (subdivisión de los grandes paisajes), solamente estos se mencionan como componentes presentes en el área de estudio y no se hará la espacialización y descripción de ellos.

Figura 23. Grandes Paisajes Fisiográficos



Fuente: Elaboración propia

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 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). Se encuentra esta unidad entre los 100 y 300 m.s.n.m., en la región climática denominada tierras bajas cálidas, de clima cálido húmedo y cálido muy húmedo, (Saavedra A., 2013).

Están constituidos por depósitos aluviales recientes del Cuaternario, corresponden a materiales transportados principalmente por los ríos como Lacantun, Tzendales, Usumacinta, Salinas, La Pasión, Chixoy o Negro, El Subín, San Juan, San Román, Xaclbal o Chajul, Ixcán y Grande o Motagua. 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 2 y 50 m.s.n.m., 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. Aguas abajo, el Usumacinta hace grandes descargas, lo que evidencia e intensifica procesos de sedimentación, colmatación y anegación generalmente en época de lluvias.

Llanura marina

Se encuentra en altitudes menores a los 5 m.s.n.m. y pendientes inferiores al 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, barras de playa y cordones litorales, siendo estas las geoformas más sobresalientes en esta unidad. Morfológicamente las barras de playa constituyen un complejo de camellones y depresiones alargadas, paralelas a la línea de costa. En la Llanura marina prevalecen materiales arenosos acumulados por corrientes litorales del Cuaternario.

Relieve superficies alomadas - disolucional

Esta unidad se encuentra entre los 1 y 300 m.s.n.m., presenta relieves de baja altura relativa menor de 15m, 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 hace parte de la Provincia Fisiográfica de la Península de Yucatán, estos relieves son bañados y atravesados principalmente por los ríos San Pedro, El Plevá, Escondido, Tamaris y Chocop, entre otros. Litológicamente está constituida 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 m.s.n.m., con alturas relativas menores a 290 metros, con pendientes moderadamente inclinadas (7–12%) y fuertemente inclinadas (12–25%). Se localiza principalmente en las provincias fisiográficas de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala y la Península de Yucatán y hacen parte de la región climática de las tierras bajas cálidas, en climas cálidos semihúmedo, cálidos húmedos y cálidos muy húmedos. Litológicamente está constituida por rocas carbonatadas, calizas del Terciario Paleógeno y del Cretácico.

Relieve colinado o lomerío erosional / areniscas arcillosas

Se localiza esta unidad entre los 10 y 120 m.s.n.m., 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 son entre 0-3-7% y en menor proporción 7-12 y 12-25%.

Relieve colinado o lomerío erosional / conglomerados

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

Relieve colinado estructural erosional

Este Gran Paisaje corresponde a un grupo de colinas estructurales altas, medias y bajas (cuestas-crestones-crestas). En el Relieve colinado estructural predominan 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 (monoclinales) 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, Lacantun, La Pasión, San Román, Xaclbal o Chajul, Salinas, Sebol, Lacantun, Machaquila, San Pablo, Tzulusechaj, La Candelaria y Chixoy o Negro, entre los 100 y 900 m.s.n.m., en la región climática de las tierras bajas cálidas, en 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 solevantadas, localizadas a diferente altitud y constituida por capas o estratos de sedimentos horizontales, las cuales han estado sometidas, por diferentes períodos 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 m.s.n.m., el sustrato geológico son rocas carbonatadas constituidas por calizas del Cretáceo Superior e Inferior. Presenta esta unidad 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 ligeros y moderadamente inclinados (3-7-12%), hasta relieves con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%); y también algunos sectores ligeramente escarpados (25-50%).

Relieve altiplanicie estructural

Se presenta esta unidad entre los 500 y 2,500 m.s.n.m.; 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. Presenta esta unidad variedad de climas que incluyen desde el cálido húmedo y muy húmedo, semicálido húmedo, muy húmedo y pluvial; hasta el templado subtropical húmedo y templado subtropical 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 escarpados (25-50%).

Piedemonte aluvial

De acuerdo con Villota (2005), es una unidad genética que corresponde a una planicie inclinada con topografía de glacis, que se forma al pie de sistemas montañosos, y que se desarrolla por la sedimentación de las corrientes de agua que emergen de los terrenos más 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 y hace parte de la provincia fisiográfica de la Llanura del Pacífico, 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 m.s.n.m., en las regiones climáticas de las tierras bajas cálidas, en clima cálido semi húmedo, cálido húmedo y cálido muy húmedo.

Relieve montañoso disolucional

El Gran Paisaje del Relieve montañoso disolucional 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; y que en su conjunto constituyen la mayor parte de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala particularmente del lado mexicano. Por otra parte, el relieve montañoso disolucional se ubica en las regiones climáticas que van desde las tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, muy húmedo; pasando por las 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 semifrías de climas semifrío muy húmedo y 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 2500 m.s.n.m. aproximadamente, con alturas relativas mayores a 300 metros, con pendientes que van desde fuertemente inclinadas (12–25%) y ligeramente escarpadas (25-50%) hasta moderada y fuertemente escarpadas con pendientes 50-75% y mayores 75%.

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, crestones monoclinales y anticlinales.

Se ubica entre los 200 y 3,500 m.s.n.m., en la región climática de las tierras bajas cálidas, en 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 semifrías de climas semifrío muy húmedo y pluvial con pendientes que van desde fuertemente inclinadas 12-25% y ligeramente escarpadas 25-50% hasta moderadamente escarpadas con pendientes 50-75%.

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 Cenozoico - 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 este gran paisaje pertenecen los estratovolcanes (Tacaná y Tajumulco), conos volcánicos y coladas lava, los cuales se localizan entre los 90 y 4,203 m.s.n.m., y están constituidos por rocas volcánicas félsicas (posiblemente riolitas - ignimbritas). Esta unidad presenta una gran variedad de climas que se ubica en la región climática de las tierras bajas cálidas que incluyen el cálido húmedo y cálido muy húmedo; también se encuentran en las tierras medias templadas, en climas semicálido muy húmedo y pluvial; en las tierras altas templadas de climas templado subtropical húmedo y muy húmedo; en las tierras altas semifrías de climas semifrío muy húmedo, y en las tierras altas frías de clima frío húmedo de alta montaña. Presenta relieves de pendientes que van desde ligera y moderadamente inclinados (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 50-75% y fuertemente escarpadas con pendientes mayores de 75%.

Relieve montañoso erosional

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

Hacen 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 rocas metamórficas (gneis - esquistos) que hacen parte de las provincias fisiográficas de la Cordillera Centroamericana y de la Sierra Maya.

Se localizan entre los 130 y 3,500 m.s.n.m., el sustrato geológico son principalmente rocas plutónicas félsicas de granito y plutónicas intermedias de dioritas, de los períodos Cuaternario, Terciario y Paleozoico: En otros casos, sobre estos materiales se presentan depósitos de ceniza volcánica, constituyéndose en el material parental que conforman este tipo de geoformas. Presenta esta unidad una gran variedad de climas que se ubican en la región climática de las tierras bajas cálidas que incluyen el cálido húmedo y muy húmedo; también están en las tierras medias templadas del clima semicálido húmedo y muy húmedo; en las tierras altas templadas de clima templado subtropical húmedo y muy húmedo; y en las tierras altas semifrías de clima semifrío muy húmedo. Este gran paisaje lo conforman relieves de pendientes que van desde ligera y moderadamente inclinados (3-7-12%), pasando por relieves con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) y ligeramente escarpadas (25-50%) hasta relieves moderada y fuertemente escarpados de pendientes (50-75% y mayores de 75%).

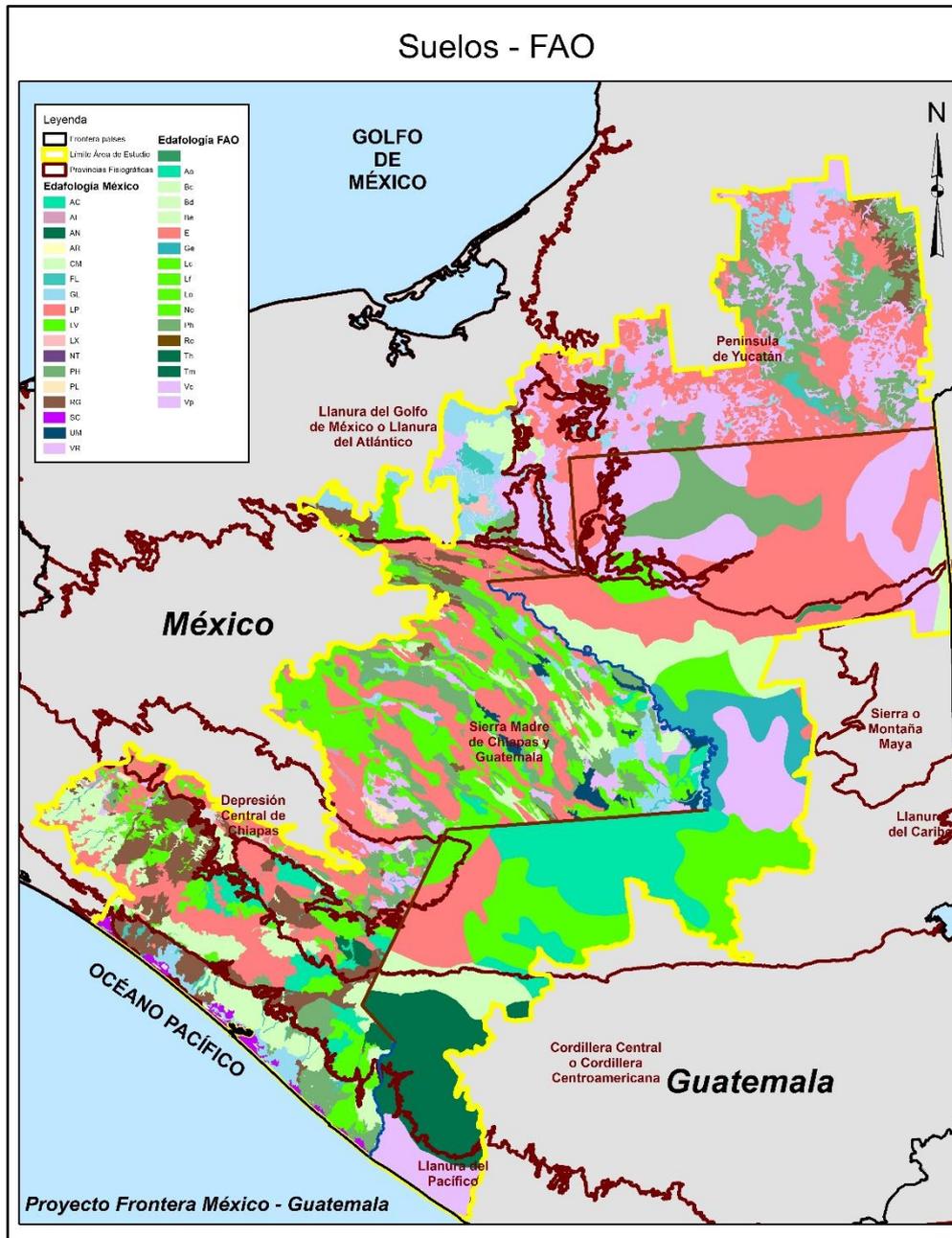
Suelos

El suelo es la colección de los cuerpos naturales en la superficie de la tierra, son el resultado del clima y los organismos vivos que actúan sobre el material parental, condicionados por la topografía o el relieve, el cual ejerce una influencia modificadora y con el tiempo necesario para los procesos de formación del suelo. Por lo tanto, se puede decir que, en cualquier parte, los suelos serán los mismos en la medida en que los factores formadores (clima, material parental, relieve, tiempo y organismos) sean los mismos (Soil Survey Staff, 1993). De acuerdo con USDA (2014), 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 ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen

del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 1999).

A continuación, se relacionan los tipos de suelos (**Figura 24**) presentes en las principales provincias fisiográficas de la frontera sur. Los suelos reportados en el área de estudio (*región transfronteriza*) presentan grandes diferencias cartográficas debido a que en Guatemala la información encontrada y reportada (algunas ajustadas) se encuentra a escala muy general, la cual, en algunos casos tiene cierta coincidencia con la del lado mexicano, sin embargo, hay sectores con diferencias muy marcadas que no explican el tamaño de la misma y el tipo de suelo presente, a pesar y debido al material parental sobre el cual se han desarrollado los suelos.

Figura 24. Suelos región Transfronteriza



Fuente: INEGI, México – FAO, Guatemala (Ajustado). Elaboración propia.

Suelos en la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán

En el caso de la provincia de la Península de Yucatán los principales suelos dominantes son los Leptosoles, Vertisoles y Phaeozems localizados principalmente sobre las superficies alomadas y los relieves colinados disolucionales. Seguidamente se relacionan las principales características de estos.

Leptosoles (LP). Suelos muy superficiales. Presentan una roca dura continua o material altamente calcáreo o una capa cementada continua (no un horizonte cementado) dentro de los primeros 25cm; o suelos muy pedregosos. En el caso de los Leptosoles rénzicos, tienen un horizonte mólico que representa una capa superficial oscura, fértil, con alta saturación de bases, rica en materia orgánica; que contiene o esta inmediatamente por encima del material calcárico o roca caliza que contiene 40% o más de carbonato de calcio equivalente. Los Leptosoles líticos tienen roca continua que comienza dentro de 10cm de la superficie del suelo (son extremadamente superficiales – solo en Leptosoles). El caso de los éutricos tiene una saturación de bases (por NH_4OAc 1M) de 50% o más directamente encima de la roca continua si la roca continua comienza dentro de los 25 cm de la superficie del suelo.

Phaeozems (PH). Son suelos que tienen un horizonte superficial mólico oscuro, con altos contenidos en materia orgánica y alta saturación de bases, pero sin horizonte de acumulación de sales (cálcico, gipsico); en comparación con Chernozems y Kastanozems, son menos ricos en bases. En el caso de los Phaeozems húmico (PHhu) el contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado es de 1% o más hasta una profundidad de 50cm desde la superficie del suelo mineral. El otro subgrupo de suelos Phaeozems presentes son los lepticos (lep), los cuales se caracterizan por que pueden presentar roca continua (en la provincia fisiográfica de la península de Yucatán dominan las calizas) que comienza dentro de los 50cm de la superficie del suelo en el caso de los epilépticos o los endolépticos (len) que comienza entre 50 y 100cm de la superficie del suelo.

Vertisoles (VR). Son suelos arcillosos de texturas finas y muy finas, con una alta proporción de arcillas expansivas; cuando están secos forman grietas profundas a partir de la superficie. El nombre de Vertisoles se refiere a la constante mezcla del material de suelo. Cuando están secos su consistencia es extremadamente dura y en la estación húmeda son masivos y muy pegajosos. Sus propiedades físicas constituyen la mayor limitante para el manejo. Además de presentarse en los valles aluviales, también se les encuentran en las partes bajas de las colinas medias y bajas (pendientes 0-3%), frecuentemente asociados con los Gleysoles.

Suelos en la provincia fisiográfica de la Llanura del Golfo de México

La provincia de la Llanura del Golfo de México presenta como principales suelos dominantes Gleysoles, Fluvisoles, Leptosoles, Vertisoles, Cambisoles, Luvisoles y Regosoles, ubicados principalmente sobre la llanura mixta, llanura marina y llanura aluvial de desbordes y los relieves colinados o lomeríos erosionales. En este último gran paisaje donde se encuentran principalmente presentes los Luvisoles y Regosoles. Seguidamente se relacionan las

principales características de estos, no se incluyen los ya descritos en la anterior provincia fisiográfica.

Gleysoles (GL). Son suelos con exceso de agua (propiedades gléicas), mal drenados y formados a partir de materiales no consolidados y de depósitos aluviales con propiedades flúvicas y que presentan en algunos casos un horizonte vértico o propiedades vérticas (agrietamiento, superficies de presión,) que comienzan dentro de los 100cm de profundidad. También se presentan los subgrupos éutricos (GLEu) que tienen una saturación de bases (por NH₄OAc 1M) de 50% o más en la mayor parte entre los 20 y 100cm de la superficie del suelo; igualmente está el subgrupo húmico stágnico (GLhust) que tiene un contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado de 1% o más hasta una profundidad de 50cm desde la superficie del suelo mineral, así como en algunas partes dentro de los 100cm de la superficie del suelo mineral, condiciones reductoras por algún tiempo durante el año y en 25% o más del volumen del horizonte, solo o en combinación, un patrón de color estágnico.

Fluvisoles (FL). Son suelos jóvenes, desarrollados sobre materiales aluviales recientes; el perfil del suelo presenta una morfología del tipo depositacional, más que edafogenética (no se han desarrollado in situ). Constituidos por materiales y características flúvicas. En los Fluvisoles presentes en esta región dominan los subgrupos éutricos (FLEu) que presentan una saturación de bases (por NH₄OAc 1M) de 50% o más en la mayor parte entre los 20 y 100cm de la superficie del suelo;

Cambisoles (CM). Son suelos jóvenes con un desarrollo incipiente, de evolución baja y media, con un horizonte subsuperficial "Bw" cámbico, los subgrupos húmicos (CMhu) tiene un contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado de 1% o más hasta una profundidad de 50cm desde la superficie del suelo mineral. Los subgrupos éutricos (CMEu) tienen una saturación de bases de 50% o más en la mayor parte entre 20 y 100cm de la superficie del suelo. El Cambisol crómico (CMcr), también presente, tiene una capa subsuperficial de 30cm o más de espesor dentro de lo 150cm de la superficie del suelo, que tiene un matiz más rojo de 7.5 YR y una pureza en húmedo mayor de 4. Los Cambisoles dystricos (CMdy) tiene una saturación de bases menor de 50% en la mayor parte entre los 20 y 100cm de la superficie del suelo mineral.

Regosoles (RG). Son suelos muy poco o débilmente desarrollados a partir de materiales no consolidados, desarrollados incipientemente a partir de material suelto (no consolidado), pero no arenoso o con propiedades "flúvicas" y cuyo desarrollo se evidencia a través de epipedones ócricos o úmbricos con un perfil tipo A/C o A/R. Los subgrupos éutricos (RGeu) tienen una saturación de bases (por NH₄OAc 1M) de 50% o más.

Luvisol (LV). Suelo con un horizonte árgico de color pardo a rojo, subsuperficial, con acumulación de arcilla de alta actividad con una CIC ≥ 24 cmol/kg de arcilla, una textura franco-arenosa o más fina; que carece de propiedades gleícas (alta saturación con agua) en los 100 cm superficiales. Los Luvisoles crómico lepticos (LVcrlep) que se encuentran presentes, tienen roca continua que comienza dentro de los 50cm de la superficie del suelo y los Luvisoles háplicos (LVha) que son aquellos que no presentan una característica adicional o significativa.

Suelos en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala

En el caso de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala los suelos dominantes pertenecen al orden de los Leptosoles, Luvisoles, Cambisoles, Vertisoles, Phaeozems (ya descritos anteriormente) y la presencia Acrisoles, estos últimos cartografiados en gran extensión del lado guatemalteco. En su mayor parte el material parental de los suelos está constituido por calizas (relieve montañoso y colinado disolucional) y en menor proporción los suelos desarrollados sobre materiales que corresponden a intercalaciones de lutitas y areniscas (en relieve montañoso y colinado estructural) y otros sectores sobre rocas sedimentarias conglomeráticas – conglomerados en lomeríos erosionales. Los suelos más representativos de estos relieves comprenden a dos grupos: Leptosoles y Luvisoles; también se encuentran en esta provincia Phaeozems y Cambisoles y en menor proporción Umbrisoles y Acrisoles; estos últimos que se describen en el relieve colinado, donde su predominancia es mayor en Guatemala. A continuación, se relacionan las principales características de los suelos que no se han descrito.

Acrisoles (AC). Se encuentra presentes los Acrisoles plínticos (ACpl). Suelos con altos contenidos de aluminio, con horizonte de acumulación de arcilla “B” árgico, de baja actividad (baja CIC) y saturación de bases baja (<50%) entre 25 y 100cm de profundidad. Más lavados que los Luvisoles, pero insuficientemente meteorizados para Ferrasol. El Acrisoles plínticos tienen un horizonte plíntico que comienza dentro de los 100cm de la superficie del suelo. La Plintita es una mezcla rica en hierro y está asociada con áreas de selva lluviosa. El Acrisol húmico (AChu) tiene alto contenido de carbono orgánica en la fracción tierra fina como promedio ponderado de 1% o más hasta una profundidad de 50cm desde la superficie del suelo mineral. En el caso del Acrisol crómico (ACcr), también presente, tiene una capa subsuperficial de 30cm o más de espesor, que tiene un matiz más rojo de 7.5 YR y una pureza en húmedo mayor de 4.

Suelos en la provincia fisiográfica de la Cordillera Centroamericana

En la Cordillera Centroamericana los suelos dominantes pertenecen al orden de los Andosoles, Cambisoles, Regosoles, Leptosoles, Luvisoles y Acrisoles, (ya descritos anteriormente); también se encuentran en esta provincia los Phaeozems y en menor proporción Acrisoles. En general la topografía de esta unidad es muy accidentada, con vertientes de pendientes muy escarpada (50-75%) y fuertemente escarpadas (>75%), afectadas por diferentes grados de disección.

En buena parte el material parental de los suelos está constituido por mantos de ceniza volcánica sobre rocas ígneas volcánicas (tobas). Se localizan principalmente en el relieve montañoso volcánico erosional (estratovolcanes – coladas de lava) donde predominan los Andosoles. En otros sectores amplios de la cordillera centroamericana, la litología corresponde a rocas ígneas plutónicas (granito – dioritas) y rocas metamórficas (gneis – esquistos), en algunos casos cubiertos por mantos de ceniza volcánica y corresponde al relieve montañoso erosional, constituidos por filas-vigas y crestas ramificadas, sobre los cuales se han desarrollado principalmente los suelos Leptosoles y Cambisoles y Regosoles. En seguida se relacionan las principales características de los suelos, donde solo se mencionan los suelos que no se han descrito con anterioridad. A continuación se relacionan las principales características de los Andosoles, los cuales no se han descrito anteriormente.

Andosoles (AN). Suelos de origen volcánico, constituidos principalmente de ceniza volcánica, la cual contiene alto contenido de alófana, que le confiere ligereza y untuosidad al suelo y formados por transformación de materiales altos en vidrio volcánico. Se localiza sobre las altas montañas de los estratovolcanes (Tacaná y Tajumulco), conos volcánicos y sectores de coladas lava, constituidos por rocas volcánicas félsicas (posiblemente ríolitas - ignimbritas) cubiertas en algunos casos por mantos de ceniza volcánica de espesor variable. Son generalmente de colores oscuros, con propiedades ándicas y tienen alta capacidad de retención de humedad. Tienen limitaciones para usos agrícolas debido a que retienen considerablemente el fósforo y éste no puede ser absorbido por las plantas. Sin embargo, con programas adecuados de fertilización, consiguen altos rendimientos.

Suelos en la provincia fisiográfica de la Llanura del Pacífico

La provincia de la Llanura del Pacífico presenta como principales suelos dominantes Cambisoles, Gleysoles, Fluvisoles, Vertisoles, Phaeozems, Regosoles; ubicados principalmente sobre el piedemonte aluvial (abanicos). Este gran paisaje está conformado por coalescencia de abanicos aluviales y aluvio-diluviales y han sido formados por depósitos superficiales del

Cuaternario, cuyos materiales presentan igual o diferente composición litológica-granulométrica.

Los ubicados en la llanura marina del Pacífico se han formado a partir de la acumulación de sedimentos clásticos hidrogénicos del Cuaternario principalmente de origen marino con influencia en algunos casos fluvial, caracterizada por una topografía plana baja y plano cóncava, inundables por períodos largos con agua salobre a causa de las fluctuaciones de las mareas. En esta unidad predominan los Solonchak (gleyicos e hipersódicos) y los Gleysoles sódicos.

Solonchak (SC). Representan aquellos suelos con abundancia de sales, altos contenidos de sales (de alta conductividad eléctrica), suelos salinos, con exceso de agua (con propiedades gléicas) y con horizontes de, relativo, poco a medio grado de evolución.

Suelos en la provincia fisiográfica de la Depresión Central de Chiapas

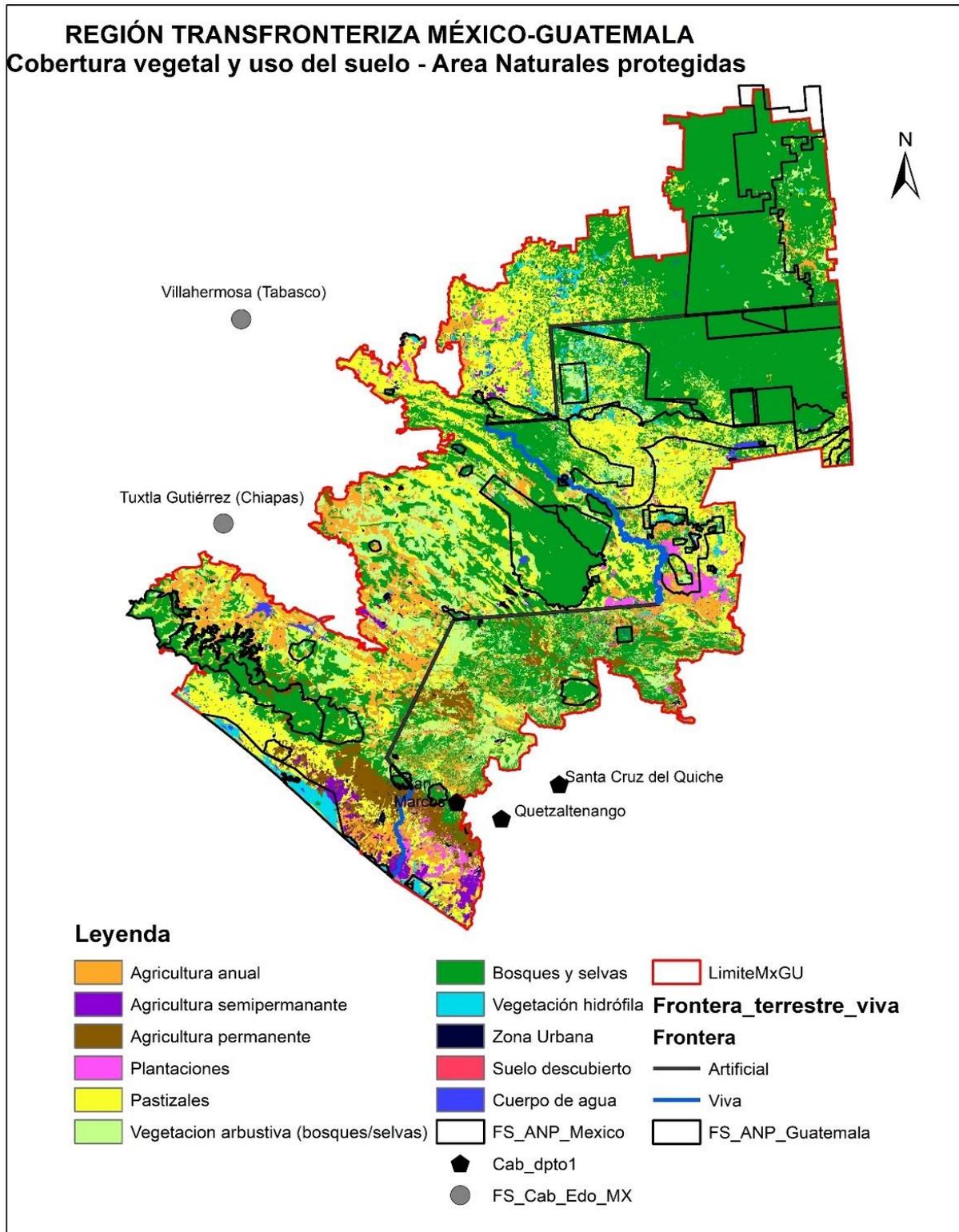
En el caso de la Depresión Central de Chiapas los suelos dominantes pertenecen al orden de los Leptosoles, Luvisoles, Phaeozems y Vertisoles, (ya descritos anteriormente). En su mayor parte el material parental de los suelos está constituido por calizas del Cretácico inferior (relieve de Altiplanicie disolucional) y en menor proporción los suelos desarrollados sobre materiales que corresponden a intercalaciones de lutitas y areniscas (en relieve de Altiplanicie estructural). Los suelos más representativos de estos relieves comprenden a dos grupos: Leptosoles y Luvisoles; también se encuentran en esta provincia Phaeozems y Vertisoles.

Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra

Existen en México 17 provincias florísticas (J. Rzedowski. 1998), que se agrupan en cuatro regiones, de las cuales dos se encuentran representadas en la zona fronteriza México-Guatemala: La región caribeña y la denominada Mesoamérica de montaña. La Región Caribeña, es una de las más extensa en la zona sur del país, a la cual pertenecen las provincias 12, 15, 16 y 17. La provincia 16, denominada Costa del Golfo de México, se extiende en forma de una franja continua a lo largo de las partes bajas de los estados de Tabasco y Veracruz, ocupando casi todo su territorio y partes de Chiapas, así como algunos sectores del Petén en Guatemala. La provincia N°12 perteneciente a la Costa Pacífica la cual se extiende en forma de una franja angosta continua en el estado de Chiapas, prolongándose a lo largo de la misma vertiente hasta Centroamérica; la provincia N°15 denominada Soconusco se extiende a Guatemala sobre la vertiente occidental que da al océano pacífico en una estrecha franja sobre las estribaciones inferiores de la Sierra Madre de Chiapas. La provincia N°17 denominada Península de Yucatán, incluye también el Departamento de Petén en Guatemala y al menos una parte de Belice. A la Región florística Mesoamérica de Montaña, pertenece la provincia N°6 denominada Serranías Transísmicas, la cual abarca las montañas de Chiapas, y se extiende más allá de la frontera de México y Guatemala sobre las partes elevadas de la mitad septentrional de Centroamérica.

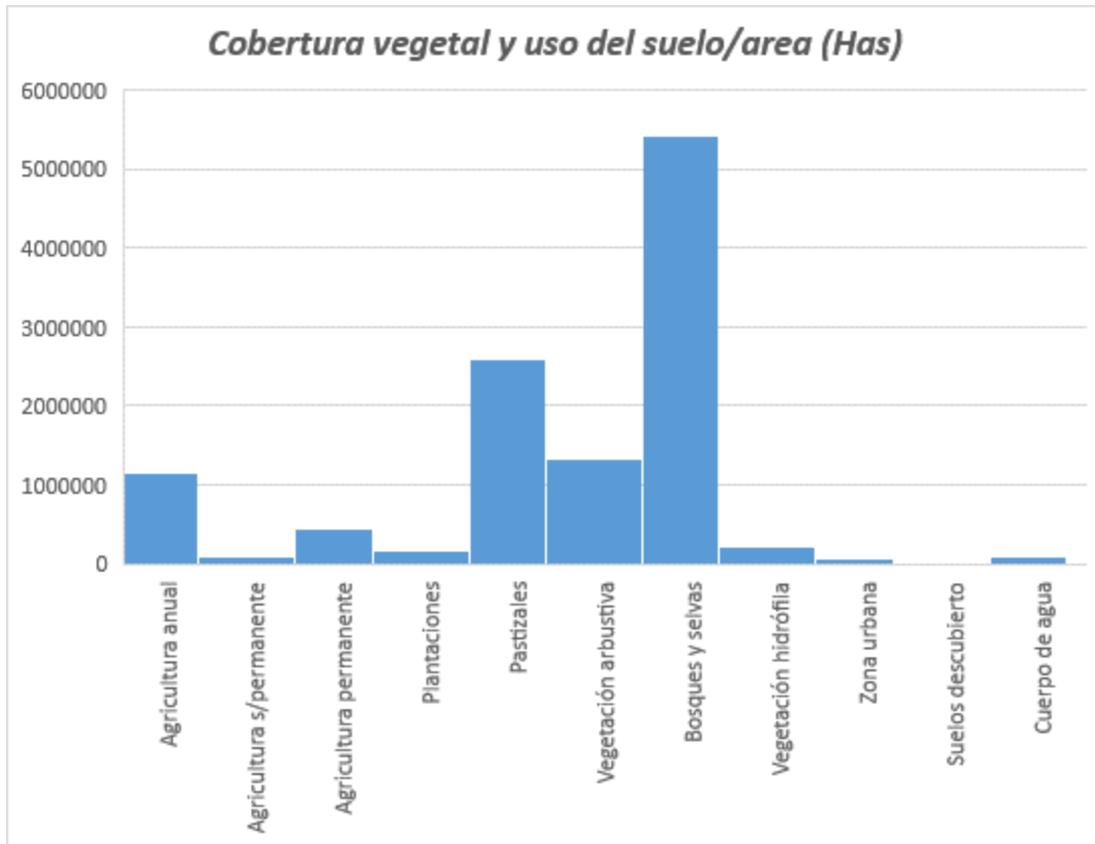
De los componentes del medio natural, la cobertura vegetal, así como el uso que la sociedad hace de la misma, son de los aspectos más dinámicos. Dadas las complejas interdependencias e interacciones que existen entre los diversos elementos del medio natural, dicho dinamismo les imprime mayor complejidad a las interacciones sociedad y naturaleza. En la **Figura 25** se muestra para el área de análisis en este texto, un mapa de la cobertura vegetal y uso del suelo; en la **Figura 26** y **tabla 8** se muestra el área y porcentaje para cada cobertura.

Figura 25. Cobertura vegetal y uso de la tierra.



Fuente: INEGI, serie VI, CONANP, México – IGN, Guatemala. Elaboración propia.

Figura 26. Cobertura vegetal y uso del suelo, área en hectáreas.



Fuente: INEGI, serie VI, INEGI, México – SEGEPLAN, Guatemala. Elaboración propia

Tabla 8. Tipo de cobertura y uso (Ha y %)

Tipo de cobertura/uso	Área (Has)	%
Agricultura anual	1,147,191	9.9
Agricultura semipermanente	102,100.8	0.9
Agricultura permanente	451,149.3	3.9
Plantaciones	158,431.8	1.4
Pastizales	2,580,380	22.2
Vegetación arbustiva	1,332,958	11.5
Bosques y selvas	5,413,034	46.7
Vegetación hidrófila	220,495	1.9
Zona urbana	74,869.98	0.6
Suelo descubierto (playas, orillares)	11,173.89	0.1
Cuerpo de agua	105,720.8	0.9
Total	11,597,505.04	100

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de los datos que se presentan en la **tabla 8**, se aprecia que las coberturas naturales con poco grado de intervención (bosques, selvas y vegetación hidrófila) comprenden el 48.6% del total del área analizada, correspondiendo su mayor porcentaje 46.7% a las selvas y bosques. En el mapa esta cobertura se muestra en color verde oscuro; se localiza principalmente en áreas naturales protegidas, en las que sobresalen por su extensión en México las reservas de la biosfera de Montes azules, Lacan-Tun, El Triunfo y La Sepultura, así como el área de protección de recursos naturales 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, aún preserva en vegetación natural aproximadamente dos terceras partes de su área, el resto de su superficie presenta un alto grado de intervención en actividades agropecuarias.

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 Biosfera de Montes azules, y la segunda que corresponde a la mayor área de selvas conservadas presentes en Guatemala en la región del Peten y en México en la Reserva de la Biosfera de Calakmul. La vegetación hidrófila constituida fundamentalmente por bosques de mangle se encuentra principalmente en la costa pacífica de México, en la reserva de la Biosfera la Encrucijada, y en Guatemala un pequeño sector igualmente en la costa pacífica en el área natural protegida Manchón Guamuchal.

El 51.4% del área corresponde a coberturas asociadas con la acción antrópica que incluye áreas de pastizales (22.2%), vegetación arbustiva (acahuales, 11.5%) agricultura anual (9.9%), semipermanente y permanente (4.8%), plantaciones (1.4%), zonas urbanas y cuerpos de agua.

La vegetación secundaria de bosques y selvas, se le encuentra principalmente en las zonas de ladera, a altitudes mayores a 1000 m.s.n.m., muy seguramente si se considera que en estas áreas también concurren una alta densidad de población, muy probablemente se trate de áreas agrícolas en descanso, denominados acahuales de diferentes edades (3 – 12 años¹⁶), se le encuentra asociada esta cobertura en mayor parte con áreas agrícolas.

Los pastizales dedicados a la ganadería en su mayor parte 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) y en la costa

¹⁶ Con base en observaciones de los autores en recorridos de campo por la cuenca Usumacinta México y el área del Soconusco.

pacífica, 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.

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

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.

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 1500 m.s.n.m. aproximadamente y en Guatemala entre los 500 y los 1500 m.s.n.m.; el mango en el sector de la costa pacífica por debajo de los 100 metros de altitud.

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 Marques 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.

BASES GENERALES PARA UNA APROXIMACIÓN AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO REGIONAL TRANSFRONTERIZO

Aptitud de las Tierras

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

- es la base de apoyo para múltiples sistemas biológicos a través de la producción de biomasa que proporciona 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 al 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 para el uso sostenible por parte de la sociedad con relación a 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 rápidamente los niveles iniciales de producción -o para retomar la tendencia de una productividad en aumento- después de un período adverso a causa de sequías, inundaciones, abandono o mal manejo por parte del hombre.

Clasificación de las Tierras por su capacidad de uso.

La evaluación de tierras se puede definir como el proceso de medir 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.

La clasificación por capacidad de uso de la tierra, que se usa en este análisis es la desarrollada por el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos, USDA, 1965, adaptado (IGAC, 2001); el cual se adecuó para el presente estudio de acuerdo a 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 Guatemala¹⁷); 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 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 (**tabla 9**). 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 arábigos del 1 al 8. Las limitaciones de uso son progresivamente mayores de la clase 1 a la clase 8; así la clase 1 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 2 posee cualidades menos favorables y su productividad es menor, con algunos costos de operación. En las clases 3 y 4 se reduce la productividad y se incrementan los riesgos y los costos, a tal punto que en la clase 4, los cultivos comerciales pueden convertirse en una actividad riesgosa. La clase 5 tiene limitaciones severas que restringen su uso a determinadas épocas del año o que se pueden utilizar mediante costosas prácticas de adecuación. Las clases

¹⁷ Se utilizó la información de suelos de Guatemala según FAO, de acuerdo a la base de datos de Winograd M. y Farrow A. 2000, el 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.

6 y 7 tienen limitaciones severas y muy severas, las tierras son aptas para plantas nativas y cultivos específicos que requieren prácticas de conservación intensivas. La clase 8 agrupa tierras con limitaciones muy 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. 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 (ejemplo encharcamientos) que pueden eliminarse con prácticas adecuadas (drenajes).

En este sistema de clasificación las tierras aptas para cultivos lo son también para otros tipos de uso como: pastos, bosques y vida silvestre. La categoría de Sub Clase es la subdivisión de la clase y agrupan tierras con el mismo número de factores y grados de limitaciones generales. En este sistema se establecen limitaciones por: Pendiente (p): grado de inclinación de la pendiente que se expresa en porcentaje, erosión (e): se refiere a la erosión actual con efectos limitantes a la capacidad de uso (en este caso se usará la susceptibilidad a la erosión), humedad (h): es la relación del exceso de humedad sobre el suelo (se incluye la susceptibilidad a inundaciones), suelo (s): características físicas (textura) o químicas (salinidad-sodicidad) que presenta el suelo, y clima (c): hace referencia a las variables climáticas que afectan los sistemas productivos (en este caso se utilizará la precipitación promedio anual).

En la elaboración y escogencia de los criterios utilizados para conformar las características y los factores limitantes, solo se consideró el primer suelo “dominante” (Grupo1, 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 (CIAT, 2000). De esta manera, se utilizaron características agroecológicas (particularmente algunas de las condiciones del suelo, **Tabla 9**, consideradas como factores limitantes (grados de limitación) tanto para el uso agrícola, 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 períodos de tiempo.

Tabla 9. 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
I	No hay	0 – 3	Bien Drenado Mod. Bien Drenado	No hay Raras – LS	Muy Profundo Profundo	Alta
II	No hay Ligera	0 – 3 3 – 7	Bien Drenado Mod. Bien Drenado; Imp. 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. 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 Dren.	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 Dren.	No hay Frec. Raras – LS Frec. Ocasionales – MS Frec. Regulares – AS	Muy Profundo Profundo Mod. Profundos Superficiales Muy superficiales	Alta Media Baja Muy baja
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. D	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
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

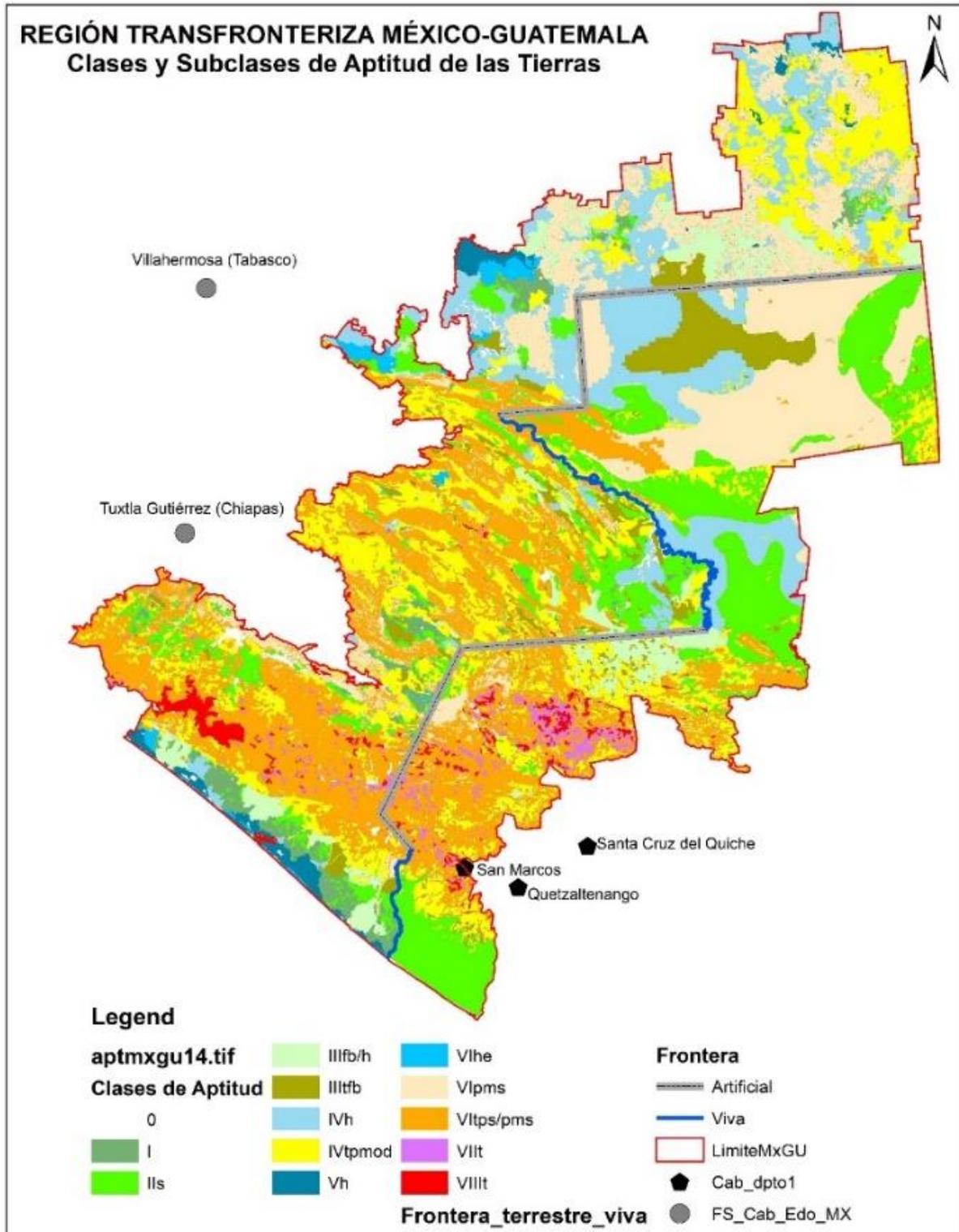
LS: Ligera susceptibilidad; MS: Moderada susceptibilidad; AS: Alta susceptibilidad.

Es importante señalar que la información, asociada a la base de datos de la carta general de suelos del INEGI, que se puede derivar 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. 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, este último fue calculado a partir de un modelo digital de elevaciones, con resolución espacial de 15 metros. En base a estas variables y los criterios que definen los limitantes para cada clase y subclase de aptitud (que se muestran en la **tabla 9**), 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 la **Tabla 10** 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



Fuente: INEGI -Serie II- Fuente: INEGI, serie VI, México – SEGEPLAN, Guatemala. Elaboración propia

Fb: fertilidad baja; h: pobre y muy pobremente drenados; he: drenaje excesivo; pmod: suelos de profundidad moderada, ps: suelos superficiales, pms: suelos muy superficiales, t: pendiente.

Tabla 10. Principales características y limitaciones de las clase y 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, semi-perennes y perennes adaptados a la zona, plantaciones, agro-forestaría, frutales y ganadería semi-intensiva (semi-estabulada o estabulada).	Pueden necesitar de una preparación ligera (labrado – nivelación). Se realizan prácticas de uso manejo 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, fertilidad moderada a alta	Moderados contenidos de nutrientes,	Cultivos diversificados anuales, semi-perennes y perennes adaptados a la zona, plantaciones, agro-forestaría, frutales y ganadería semi-intensiva (semi-estabulada).	Fertilización según necesidades del cultivo y acorde con el análisis de suelos, rotación de cultivos y potreros, siembra de 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, semi-perennes y perennes adaptados a la zona, agro-forestaría, frutales y ganadería semi-intensiva	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, y/o moderada a alta.	Fertilidad baja, susceptibilidad moderada a la erosión	Cultivos comerciales adaptados a la zona y a las condiciones agroclimáticas, ganadería semi-intensiva o semi-estabulada.	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 semi-intensiva 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 (tpmod) 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 semi-perennes 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.
Vh (drenaje) pendiente 3-7%	Drenaje natural pobre a muy pobre, texturas finas, fertilidad		Plantaciones con especies propias de la región adaptadas a las condiciones	Construir canales de drenaje y mantener las coberturas naturales de popal-tular.

	moderada a alta, texturas medias y finas		reinantes, ganadería con pastos mejorados que se adapten a las condiciones de alta humedad y conservación de la vegetación natural.	
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, 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 y/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 sobre carga de ganado.
VI (tps/pms)	Drenaje natural bien drenado, texturas finas y medias, suelos	Alta susceptibilidad a la erosión, pendientes fuertemente	Conservación de los bosques, selvas y vida silvestre, para protección / producción, actividades	Conservar y salvaguardar las coberturas naturales del bosque mesófilo de montaña, de la selva alta

	superficiales y muy superficiales, reacción fuertemente ácida en algunos casos y fertilidad variada.	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.	silviculturales; y producción bajo la modalidad de sistemas agroforestales.	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.
VII (ts)	Drenaje natural bien drenado, extremadamente superficiales y muy superficiales, texturas medias y finas, reacción ácida a neutra y fertilidad baja a moderada	Muy poca y poca profundidad efectiva (< 10 y de 25 cm.), limitados por roca dura o material altamente calcáreo, o fragmentos de roca en superficie, presencia de afloramientos rocosos, alta susceptibilidad a la erosión, pendiente ligeramente escarpadas (20 - 40%).	Conservación, vida silvestre, protección/producción; la producción bajo la modalidad de sistemas agroforestales, principalmente para actividades silviculturales con fines de protección y producción.	Conservar y salvaguardar la vegetación natural existente en estos paisajes altamente 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	pendientes escarpadas > del 75%, poca profundidad efectiva,	No tienen aptitud agropecuaria ni forestal. Aptas para la conservación y recuperación de la	Se debe por todos los medios impedir que la cobertura natural existente sea intervenida. Proteger la

	muy superficiales.	limitada por la roca dura, muy alta susceptibilidad a la erosión,	vegetación natural, vida silvestre.	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

Ordenación Ambiental con énfasis en Sistemas Forestales y Agroforestales

Introducción

La definición de Ordenamiento del Territorio, 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”. El Ordenamiento Ambiental del Territorio 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 – incluyendo 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 ecológicamente sostenible 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” (S.M. Davey, J.R.L. Hoare y K.E. Rumba, 2003).

También se define el Ordenamiento ambiental territorial, 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 ambiental con énfasis en sistemas forestales y agroforestales, se considera en este estudio como un importante instrumento de política forestal que identifica, agrupa y espacializa las tierras no forestales y preferentemente forestales por funciones y subfunciones biológicas, ambientales, protectoras, reguladoras, productoras y restauradoras, con el objetivo de propiciar una mejor administración de los recursos y contribuir al desarrollo forestal sustentable, así como a la preservación de los recursos suelo y agua (Saavedra A, y López D. 2016). De esta manera, la ordenación ambiental

permitirá desarrollar instrumentos operativos para el diseño, ejecución, y monitoreo de proyectos que busquen implementar políticas basadas en el desarrollo forestal 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 de un uso sostenible de las tierras, reduciendo los efectos derivados de usos no adecuados, asociadas al agua y al suelo, aumentando así la productividad de estas. La zonificación de aptitud 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 propone en el presente estudio tiene como base fundamental el “Acuerdo por el que se integra y organiza la Zonificación Forestal” de la Comisión Nacional Forestal, 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:

- I) Zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido, la cual incluye las áreas naturales protegidas (ANP y AP) y de manejo especial por decreto;
- II) Zonas de producción / aprovechamiento;
- III) Zonas de restauración. A estas categorías se les agrega una cuarta, que se le ha denominado;
- IV) Zona de Regulación, en la cual se incluyen los humedales y cuerpos de agua en las zonas bajas, por la importancia que para la zona de estudio tienen estas tierras, las cuales juegan un papel fundamental en la regulación de los escurrimientos que provienen de las partes altas, los cuales son más violentos y catastróficos en la región del pacífico. 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. Incluye cinco subzonas.

- A. Subzona de tierras en Áreas Naturales Protegidas -ANP¹⁸ y Áreas Protegidas AP¹⁹ (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. 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-:** 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 del 12%, actualmente con vegetación de bosques y selvas y/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 muy escarpadas (mayores al 25%).

¹⁸ Las Áreas Naturales Protegidas son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas. CONANP, 2012-2016.

¹⁹ Las Áreas Protegidas son las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéricos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores; de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible. CNAP, 1989-2019.

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 saber:

A. Subzona de tierras bajas 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 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 esas condiciones y 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 ligeramente escarpadas con pendientes mayores al 12%; suelos superficiales y muy superficiales. Se consideran cuatro unidades de manejo:

- i)** Aprovechamiento en tierras con limitaciones moderadas para la producción, pendientes entre el 12 y 25%, dedicadas a pastizales en su mayor parte.
- ii)** Aprovechamiento en tierras con limitaciones moderadas para la producción, pendientes entre el 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 en tierras con pendientes moderadamente escarpadas (50 - 75%)

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, protección; se incluyen dos subzonas:

- A. Subzona de tierras de ladera con pendientes 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 50 a 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 que integra: la caracterización de la cobertura y uso del suelo (2014), la zonificación de aptitud de uso de las tierras y las áreas naturales protegidas (ANP-AP), bajo un modelo de decisión el cual se implementó mediante un algoritmo condicional, utilizando el módulo Modeller de ERDAS Imagine, Versión 10.0.; se delimitaron en el área de estudio 23 unidades de manejo, agrupadas en zonas y subzonas. Los resultados se muestran en la **tabla 11 y Figura 28**.

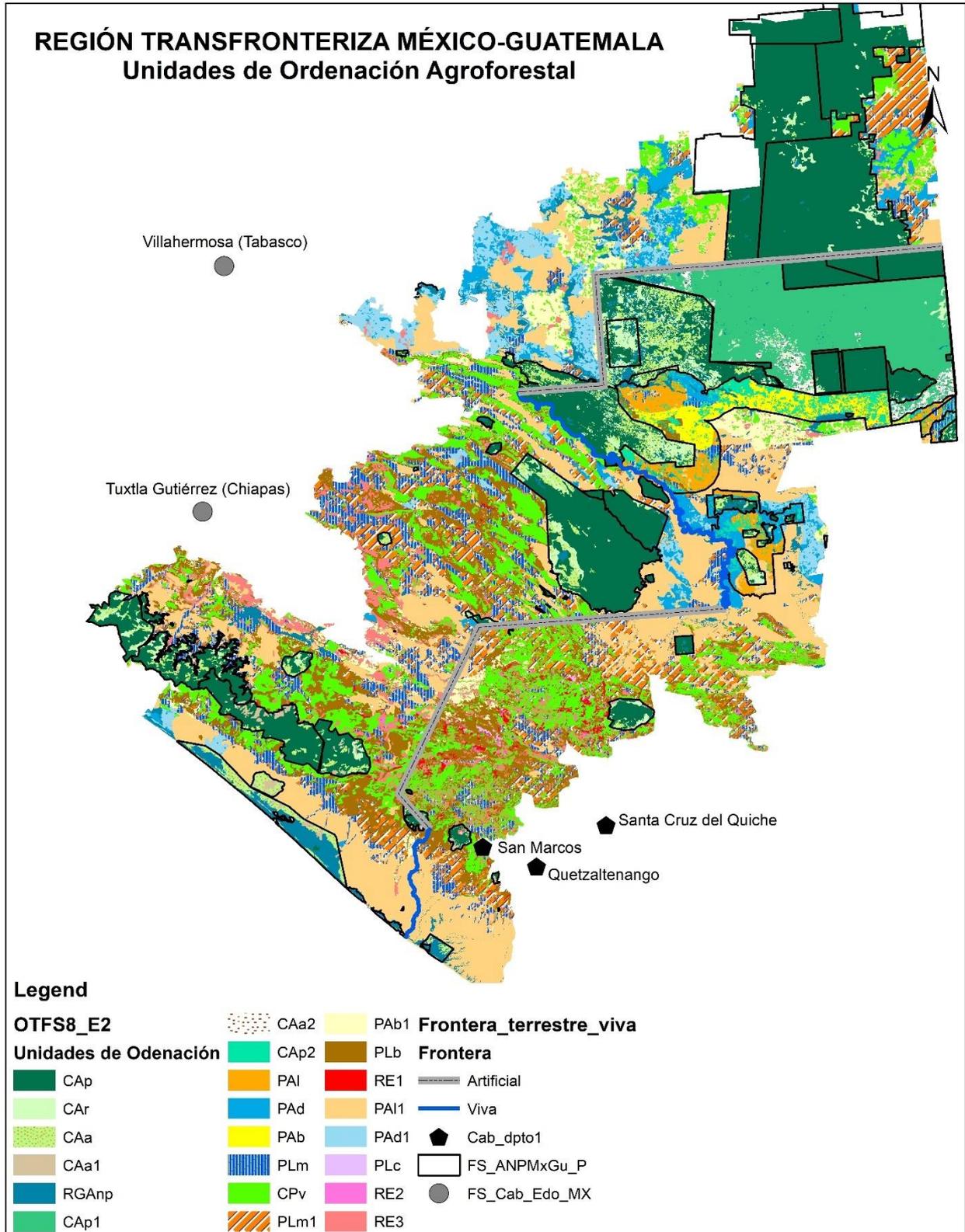
Tabla 11. Zonas – subzonas y unidades de manejo

Zonas	Subzonas	Unidades de Manejo	Símbolo	Observaciones
I CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO RESTRINGIDO	A- Áreas Naturales Protegidas Conservación Protección - Regulación	i. Conservación/ Protección	CAp	Bosques y selvas conservación
			CAp1	Bosques y selvas en área protegida de uso múltiple
		ii. Regulación	RGAnp	Áreas con vegetación de humedales, regulación
	B. Restauración	i. Restauración	CAr	Áreas con vegetación arbustiva, restauración de la vegetación natural
	C. Aprovechamiento Restringido	i. Aprovechamiento Restringido	CAa	Se pueden aprovechar en sistemas agroforestales con intensas prácticas de manejo
		ii. Aprovechamiento Restringido	CAa1	
		iii. Aprovechamiento Restringido	CAa2	
	D. Zona de Amortiguamiento	i. Conservación/ Protección	CAp2	Áreas con vegetación de Bosques y selvas y pendientes menores al 12%
		ii. Aprovechamiento	PAI	Limitaciones ligeras para la producción; se pueden aprovechar en sistemas

				agroforestales con moderadas prácticas de manejo
		iii. Aprovechamiento Restringido	PAb	Suelos muy superficiales; se pueden aprovechar en sistemas agroforestales con intensas prácticas de manejo
		iv. Aprovechamiento Restringido	PAd	Tierras sujetas a encharcamientos, se pueden aprovechar en pastizales
	E. Conservación Protección	i. Conservación - protección	CPv	Áreas con vegetación de Bosques y selvas en pendientes mayores al 25%.
II PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO	A. Tierras con aptitud alta/moderada a Baja	i. Aprovechamiento	PAI1	Limitaciones ligeras para la producción
		ii. Aprovechamiento	PAb1	Limitaciones severas. Suelos muy superficiales
		iii. Aprovechamiento	PAd	Tierras sujetas a encharcamientos, con drenaje pobre y muy pobre.
		iv. Aprovechamiento	PAd1	
	B. Tierras de ladera con aptitud moderada a muy baja	i. Aprovechamiento aptitud moderada	PLm	Pendientes fuertemente onduladas (12-25%), con pastizales y/o agricultura
		ii. Aprovechamiento aptitud moderada	PLm1	Pendientes fuertemente onduladas (12-25%), con vegetación arbustiva o arbórea
		iii. Aprovechamiento aptitud baja	PLb	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%), suelos superficiales y muy superficiales.
		iv. Aprovechamiento aptitud muy baja	PLc	Áreas con agricultura permanente (café) en pendientes moderadamente escarpadas (50-75%).
III RESTAURACION	A. Restauración Producción	i. Restauración Producción	RE1	Áreas con agricultura anual en pendientes fuertemente quebradas (25-50%),
	B. Restauración conservación	i. Restauración	RE2	Áreas con agricultura anual en pendientes moderadamente escarpadas (50-75%)
		ii. Restauración conservación	RE3	Áreas con vegetación arbustiva en pendientes moderada a fuertemente escarpadas (50-75 y >75%),

Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Unidades de ordenación agroforestal



Fuente: INEGI, serie VI, CONANP, México – SEGEPLAN, Guatemala. Elaboración propia

A continuación, se hace una descripción breve de las unidades de manejo, y en el caso de las unidades presentes en las Áreas Naturales Protegidas y Áreas Protegidas, se debe tener presente los decretos ley 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 dirigidos 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 López, D., y Saavedra A., 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 determinado. En el área de estudio esta zona comprende cinco subzonas, a saber:

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 el 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 comprenden un total de 56,006.12 Km²; por su extensión se destacan en la zona del Peten 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 biosfera de Montes azules, El triunfo, La sepultura y el área de protección de recursos naturales La Frailescana. De acuerdo con las características que presentan cada una de estas áreas en relación con la cobertura vegetal y uso del suelo y limitantes de uso y manejo definidos en la zonificación de aptitud de las tierras, se han determinado para la zona de análisis 23 unidades de manejo a saber:

- 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 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.

Conservación – protección (CAp1), se consideran en esta unidad de manejo las áreas con coberturas naturales y vegetación arbórea de bosques y selvas, considerada en el 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.

- ii. **Regulación en áreas naturales protegidas (RGAnp)**, comprende área con 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, en este del río San Pedro.

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

Unidad de manejo para Restauración (CAr), se localiza en las áreas naturales protegidas de Tzama Cun Pumib y del Cañón de Usumacinta, ocupan una extensión 25,671.35 Ha; corresponde a aquellas áreas de relieves ligeramente inclinados con pendientes menores al 12%, en la actualidad se encuentra con vegetación secundaria arbustiva. Se recomienda en estas áreas principalmente restaurarlas y llevarlas hacia su 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 biosfera de montes azules en México. Corresponde a aquellas áreas en que el uso actual corresponde a 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 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, deben ser zonas de amortiguamiento, límite y freno a los sistemas tradicionales de uso de la tierra.

- ii. **Unidad de manejo para aprovechamiento restringido (CAa1)**, se localiza principalmente en las áreas naturales protegidas de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada en la costa pacífica mexicana. Representan aquellas áreas en que el uso actual corresponde a plantaciones de mango. Se recomienda en estas zonas 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.
- 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 corresponde a 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, 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 en esta área principalmente conservar la vegetación natural original, o en su defecto hacer un uso sustentable de la tierra con buenas e intensas prácticas de conservación y uso. Se debe dar prioridad e importancia a la conservación de las coberturas naturales y 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 restringido (PAa1).** Corresponde a tierras con limitaciones ligeras para la producción agrícola, el uso actual corresponde a pastizales. Se recomienda en estas áreas 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 localice.
- iii. **Unidad de manejo para aprovechamiento restringido (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. Se recomienda en estas áreas 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 del medio natural en que se ubique.
- iv. **Unidad de manejo para aprovechamiento restringido (PAd2).** Corresponde a tierras con suelos de drenaje pobre, lo cual constituye una limitación moderada 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 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 con pendientes mayores al 25%, donde aún se presenta la vegetación natural con poco grado de alteración y que no se encuentran dentro de las ANPs, 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, y evitar en general la degradación de la tierra por procesos erosivos. Se considera una unidad de manejo:

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

I. Zona de Producción/Aprovechamiento

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

A. Subzona de Tierras bajas 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 cuatro unidades de manejo:

- i. **Tierras bajas 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/o 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 y 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 (PAd.PAd1).

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, y pecuarios y silvopastoriles, especialmente con especies que se adapten a las condiciones de mal drenaje de los suelos y adaptadas a las condiciones del medio natural en que se ubique.

B. Subzona de Tierras de ladera con aptitud moderada a muy a 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 del 12 a 25%; el uso actual corresponde en su mayor parte a pastizales y/o 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 natural en que se sitúe.

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 del 25 a 50%; 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, y sistemas silvopastoriles, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se ubique.

iv. Tierras con aptitud muy baja para la producción agrícola (PLc), pertenecen a tierras de aptitud muy baja, son áreas con limitaciones severas para la producción agrícola, con pendientes del 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 en que se sitúe.

II. Zona de Restauración-Protección

La restauración ambiental se define como el conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento del ecosistema de montaña que propician un adecuado flujo hidrológico sobre el cauce de los drenajes. Se consideran zonas de restauración ambiental aquellas áreas que presentan algún grado de intervención 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 saber:

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 moderadas para la producción, con pendientes del 12 a 25%; el uso actual corresponde en su mayor parte a agricultura, anual. Se recomienda restaurar estas o reorientar su uso actual a un uso más sustentable que puede incluir sistemas silvopastoriles y agroforestales, con cultivos semipermanentes y permanentes, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se ubique.

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 severas para la producción, con pendientes moderadamente escarpadas (50-75%), en la actualidad dedicadas a la agricultura anual. 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 un uso más sustentable

que puede incluir sistemas agroforestales, con cultivos permanentes, con especies adaptadas a las condiciones del medio natural en que se ubique, con intensas prácticas de manejo (conservación de suelos) y vida silvestre.

- ii. **Tierras para restauración con aptitud muy baja para la producción (RE3)**, corresponden a áreas con limitaciones severas para la producción, con pendientes moderadamente escarpadas (50-75%) y escarpadas (>75%), en la actualidad con vegetación arbustiva. Se recomienda restaurar estas áreas a su vegetación natural, con intensas prácticas de manejo (conservación de suelos) y vida silvestre.

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 en el área. En el mapa de la **Figura 29** se muestra una propuesta de la distribución en el área de subzonas para el aprovechamiento agroforestal, desde una perspectiva del aprovechamiento sustentable y de conservación de los recursos naturales.

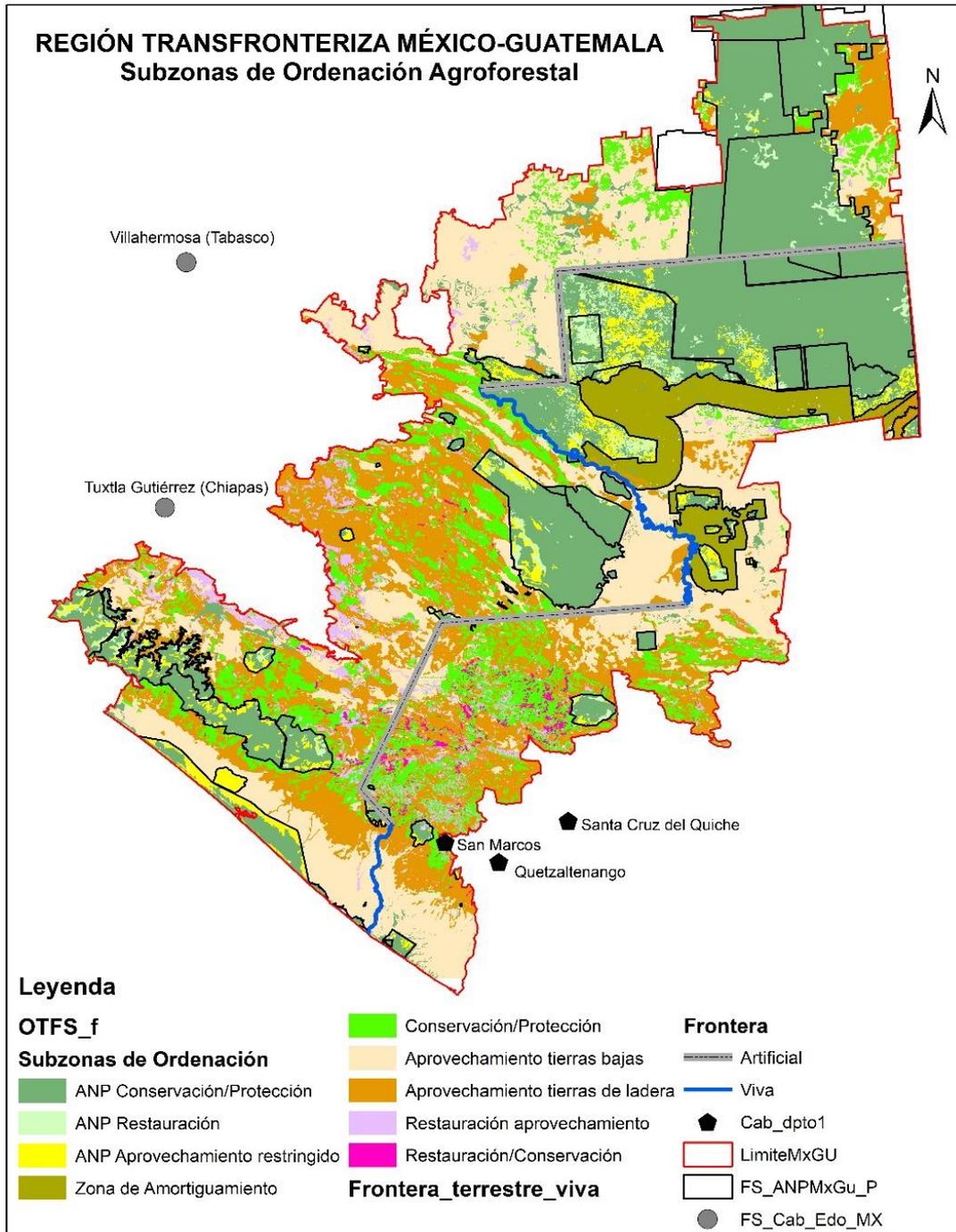
Un aspecto muy particular del área de análisis es la presencia de una extensión considerable de tierras bajo protección legal (áreas naturales protegidas – áreas protegidas), de acuerdo con los marcos jurídicos establecidos en cada país para tales fines; es así como alrededor del 48% del área que corresponde a 56,006.12 Km², está protegida bajo dicha regulación. Esta área incluye cuatro subzonas a saber:

- 1) área para conservación y protección, cuya característica particular es que, en la actualidad, gracias al marco regulatorio que la protege, aún conservan en su mayor parte la vegetación natural, por lo tanto, se hace todavía más pertinente y procedente mantener el cuidado, la protección y conservación de estas áreas preservadas y salvaguardadas;
- 2) área para restauración de la vegetación natural, que comprende área con vegetación arbustiva; las cuales deben tener un uso y manejo acorde con lo señalado anteriormente

de preservar las coberturas naturales, y según las características y limitantes determinados en la capacidad de uso de las tierras y a la subzona en la cual se encuentra;

- 3)** área de aprovechamiento restringido, que corresponden a áreas donde se desarrollan actividades agropecuarias, se recomienda para estas áreas en lo posible restaurarlas a su condición original, o en su defecto hacer un uso restringido en ellas que incluya intensas prácticas de manejo; y
- 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: CONANP - México- SERPLAN - Guatemala. Elaboración propia.

El resto del área de análisis se distribuye en dos actividades importantes a desarrollar, *la primera de restauración*, la cual incluye dos subzonas, 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, actividad esta no

muy aconsejable debido a los procesos de degradación que detona, 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 silvopastoriles y agroforestales con cultivos permanentes y semipermanentes, con buenas prácticas de conservación. 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, no las hace aptas para las actividades agrícolas tradicionales (cultivos limpios), salvo sistemas agroforestales con intensas prácticas de conservación, o en lo posible se debe restaurar la vegetación original.

La *segunda actividad de aprovechamiento* es para desarrollar en el resto del área de análisis y está relacionada por las condiciones agroecológicas particularmente con la producción agroforestal, y comprende dos grandes áreas:

- 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 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 recomiendan el desarrollo de sistemas agroforestales y silvopastoriles o para la restauración y conservación forestal.

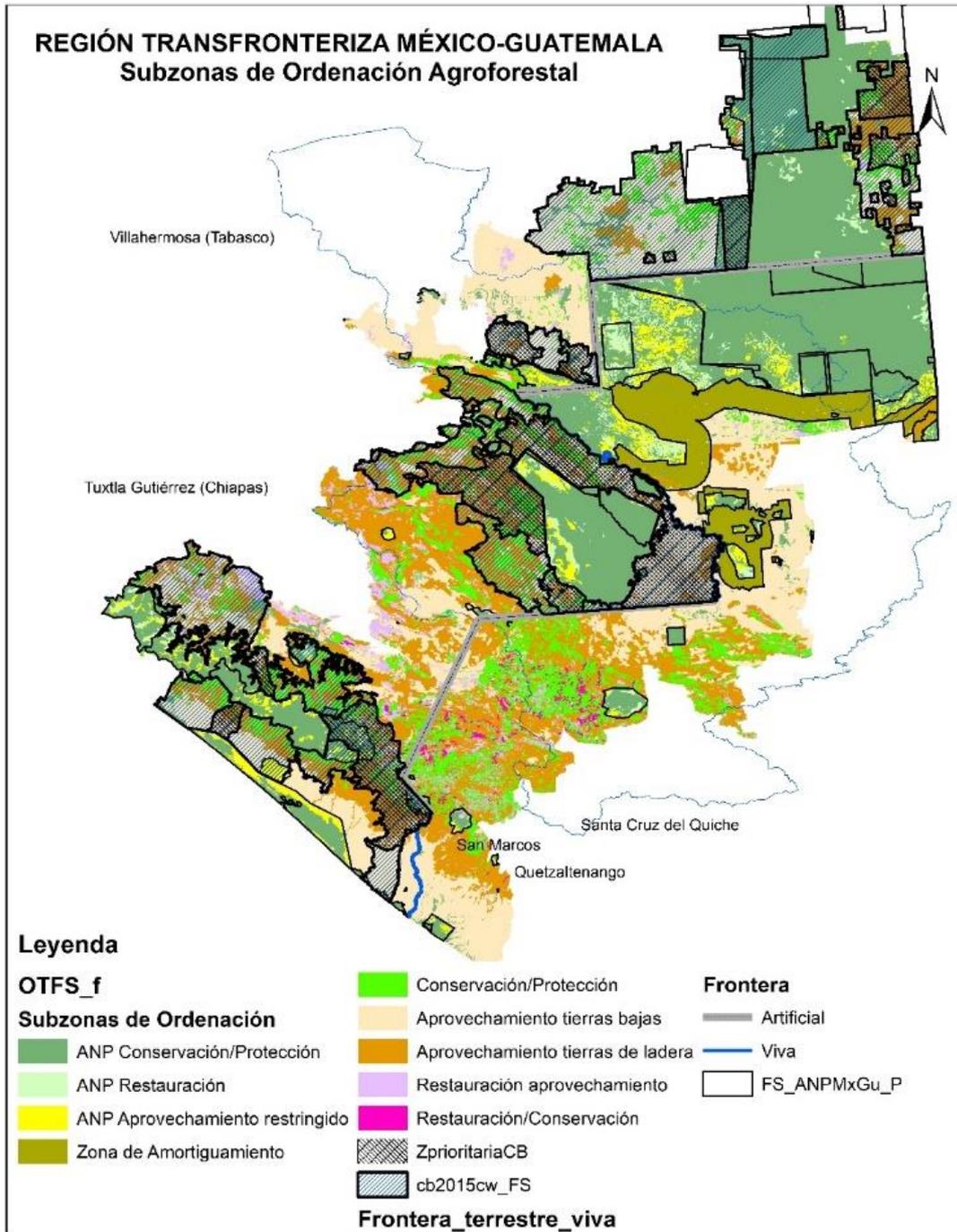
El área de estudio aquí analizada está conformada desde el punto de vista hidrológico por tres sectores bien definidos a saber a saber: La gran cuenca Grijalva-Usumacinta que comprende más de la mitad del área (aproximadamente el 65%, siendo la del Usumacinta la más importante con un 48% del área), las cuencas de La Candelaria, Río Hondo y otras cuencas menores en la península de Yucatán (24%) y la región Pacífico (10.8 %). 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 política pública, a este respecto, estos tres sectores 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 se puedan involucrar los dos países. De acuerdo con March Mifsut I. y Castro Marco (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 de 1996, y los de las reuniones del Diálogo Interamericano para el Manejo del Agua (Declaración de Miami, 1993; Declaración de Buenos Aires 1996).

Siendo Mesoamérica una de las regiones biológicamente más diversas del planeta, es el segundo hotspots más importante entre los 25 del mundo en cuanto a diversidad de especies y endemismo (Conservation International -Programa México y América Central. 2004). Este aspecto lo prioriza ecológica y ambientalmente, y por lo tanto, se debe vincular y tener en mente, cuando se realicen programas e implementen los proyectos de desarrollo en el área de estudio aquí analizada; 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 (**Figura 31**). La cuenca del río Usumacinta compartida por México y Guatemala, de acuerdo con March y Fernández (2010) alberga una biodiversidad privilegiada y de enorme importancia por los servicios ambientales que presta, además de ser también una de las cuencas con mayor potencial económico debido a sus cuantiosos recursos energéticos, forestales, culturales y turísticos, constituye una de las regiones de Mesoamérica prioritarias para lograr un desarrollo sustentable.

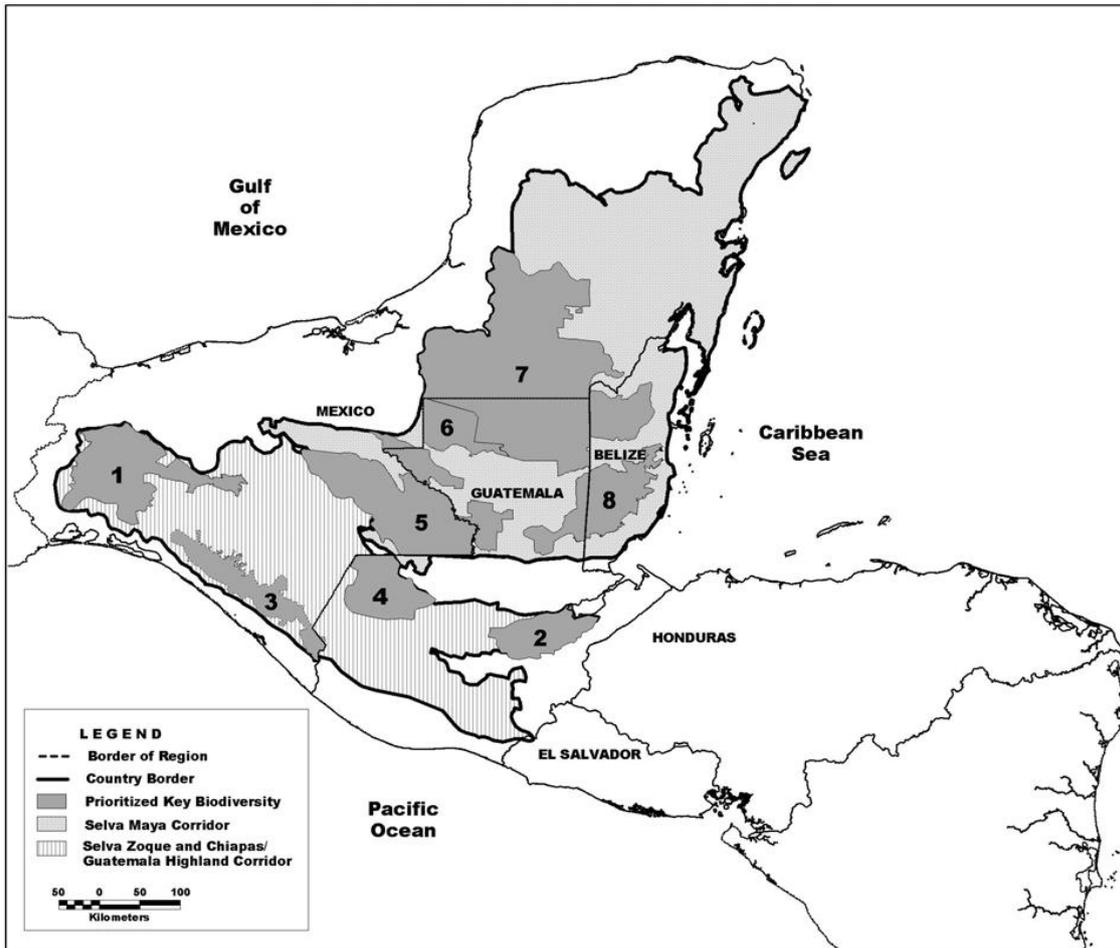
Es así como en la formulación de los proyectos de desarrollo se debe acudir a la gran experiencia ganada en los trabajos de investigación llevados a cabo en México en el área del corredor biológico mesoamericano, (en los cuales se implementaron sistemas productivos sostenibles, definidos estos como un conjunto de actividades desarrolladas en el medio rural para obtener ciertos bienes o servicios con la intención de comercializarlos; los cuales se caracterizan por ciertas formas de uso del patrimonio natural que no degradan progresivamente su capacidad.

Figura 30. Corredor Mesoamericano en México y zonas prioritarias de trabajo



Fuente: CONABIO, México – IGN, Guatemala y elaboración propia

Figura 31. Corredores prioritarios y áreas de biodiversidad clave del CEPF



Fuente: Región Norte del Hotspot de Biodiversidad de Mesoamérica Belice, Guatemala, México, Critical Ecosystem²⁰

Entre los sistemas productivos sostenibles que se investigaron en este gran proyecto, y que pueden servir de base para la formulación de nuevos programas y proyectos en el área de estudio aquí analizada están: Caficultura, cacaocultura 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

²⁰ Corredor Selva Zoque y Chiapas/Altiplano de Guatemala: 1. Selva Zoque; 2. Reserva de Biosfera 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.

físicos, biológicos, hidrológicos, y socioeconómicos que fundamenta sólidamente 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 inteligente de sus recursos naturales. Numerosos trabajos (Priego et al., 1987; Hamann y Ankersen, 1996; Guillen-Trujillo, 1995; Carabias et al., 2008, citados por March Mifsut I. y Castro Marco, 2010), se han realizado enfocados a la planeación de un desarrollo en la cuenca del Usumacinta y que constituyen las bases para avanzar hacia un futuro más sustentable que promueva la integridad ecológica de la región. Finalmente, en los últimos tres años, sobre la base 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 la cuenca del Usumacinta, 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”, proyecto este, cuyos resultados seguro aportarán información adicional de gran relevancia que permitirá la formulación y ajustes de proyectos binacionales de desarrollo sustentable en esta área.

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 (...):

- 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 esa vía 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 hace parte del corredor mesoamericano en el sector mexicano, por lo que los proyectos que se deben desarrollar en esta área deben

estar enfocados a la conservación de la cobertura natural y/o restauración de la que se encuentre alterada. 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 prioritario en el manejo de ambas cuencas (Benítez Jorge A. 2010). Como lo manifiesta este autor, el turismo convencional, enfocado de manera responsable, y el turismo de naturaleza, podrían ser los promotores de desarrollo socioeconómico en esta área que ayuden a la aplicación de tecnologías limpias y reduzcan el riesgo de contaminación del agua.

REFERENCIAS y BIBLIOGRAFIA

Álvarez Icaza. 2013. Capito II. Corredor mesoamericano, file:///D:/A-Frontera sur/Final/Corredor.Biologico.Mesoamericano.pdf

Álvarez-Gómez., J. A. (2010-). Tectónica Activa y Geodinámica en el Norte de Centroamérica. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas.

Benítez Jorge A. 2010. Situación actual de las cuencas de los ríos candelaria y hondo. En: Cotler H., Garrido A., Bunge V. y Cuevas M.L. (2010). "Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones". En: Cotler H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México: Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P, 231 pp. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639

Cabrera, J. y P. Cuc (2002) Diagnóstico Socioambiental de la Cuenca del Río Usumacinta. Fundación Kukulkan. Fundación Del Servicio Exterior para la Paz y el Desarrollo Democrático. Universidad de Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica.

Carabias, J., J. De La Maza y R. Cadena (COORDS.) 2015. Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona. 25 años de actividades y experiencias, México, Natura y Ecosistemas Mexicanos.

Chiquín L. G. y Requena J. E. (2001). Mapeo Geológico de Superficie del Cuadrángulo Granados, Escala 1:50,000.

Commonwealth of Australia. 1992. National Forest Policy Statement: a new focus for Australia's forests. Perth, Australia.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2016) Atlas del Agua en México. [en línea]. México, disponible en: http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). 2016. <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap>. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 2016. Atlas del Agua en México. [en línea]. México, disponible en: http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP. 2014. Áreas Naturales Protegidas Federales de la República Mexicana a diferentes escalas. México.

CONABIO. 2013. Corredor biológico Mesoamericano en México. file:///D:/A-Frontera%20sur/Final/01-Biodiversitas-Corredores.%20CONABIO.2013.pdf

CONABIO. 2013. La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Chiapas.

Consejo de Europa. CARTA EUROPEA DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (1983). Conferencia Europea de Ministros Responsables de la Ordenación del Territorio.

http://cope.sanmartindelandes.gov.ar/wp-content/uploads/2012/09/Carta_Europea_OT.pdf

Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONANP, 2016. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap>.

Conservation International -Programa México y América Central. 2004. Región Norte del HOTSPOT de biodiversidad de Mesoamérica Belice, Guatemala, México. ile:///D:/A-Frontera%20sur/Final/Hotspot-Biodiversidad-Mexikco-Guatemala-Belice-mesoamerica.northernmesoamerica.ep_2004.pdf

Coque, R. (1984). Geomorfología. Versión española de Julio Muñoz Jiménez e Isabel Pérez-Villanueva T. Madrid, Alianza.

Cotler H., Garrido A., Bunge V. y Cuevas M.L. (2010). "Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones". En: Cotler H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México: Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P, 231 pp. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639

El Colef, 2015 (www.colef.mx/emif), Encuesta sobre Migración en la Frontera Sur.

Davey, S.M, Hoare, J.R.L. y Rumba, K.E. (2002). Science and its role in Australian regional forest agreements. *International Forestry Review*, 4(1): 39-55.

Dengo, G. Caribbean Central America, 1985. In: Bird and Schwartz, eds., *The World's Coastline*. New York, Van Nostrand, pp. 117-124.

Denyer, P. (2012). Geología y Geotectónica de América Central y el Caribe. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, Apdo. 2142060. UCR, Costa Rica.

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. Volumen 2". Argentina. En http://issuu.com/fundacioncambiodemocratico/docs/publicaci_n_ned/1

Giunta, G., Navarro, E. et al., (1996). Geología de las márgenes de la Placa del Caribe. Rev. Geol. Amér. Central, 19/20: 7-28, 1996.

Guillén López Tonatiuh. 2017. Región transfronteriza México Guatemala: Dimensión regional y bases para su desarrollo integral (primera fase, 2017-2018). Propuesta de investigación, Fondo institucional de fomento regional para el desarrollo Científico, tecnológico y de innovación. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CentroGeo.

Guillén López Tonatiuh. 2017a. Mercado laboral transfronterizo México – Guatemala, ¿huella demográfica en Chiapas? Centro GEO/CIDE (sin Publicar).

Holdridge L. R. (IICA) Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (1987). Ecología basada en zonas de vida.

Hugo Tobías (USAC). Suelos de Guatemala. hugotobiasv@gmail.com José M. Duro (MAGA) file:///D:/A-Frontera%20sur/Publicacion/Documentos/GUATEMALALA.suelos.pdf

Instituto Nacional Geográfico de Guatemala -IGN- (2004). Ing. Alfredo Obiols Gómez. Áreas Naturales Protegidas. Guatemala.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2002) Manual de códigos de atributos de los levantamientos de recursos de Tierras. Santa Fé de Bogotá, Subdirección de Agrología.

INEGI (2007). Conjunto de datos vectorial edafológico 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.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). Junio-1999. Base de Datos Geográficos. Diccionario de datos geológicos. Escala 1:50,000. (Vectorial). México, D.F.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). Junio-1999. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Geológicos. 1:1'000,000 (Vectorial). México, D.F.

IICA Diagnóstico Preliminar de las cuencas fronterizas Guatemala México. <https://books.google.com.mx/books?id=2t4qAAAAYAAJ&pg=PA103&lpg=PA103&dq=zonas+de+vida+y+especies+vegetales+en+México&source=bl&ots=JORODr0QXG&sig=PEHzuewK4vhYEUAiQF48xabpDD4&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiY1P2EscvZAhUCF6wKHcX0BuAQ6AEIMzAB#v=onepage&q=zonas%20de%20vida%20y%20especies%20vegetales%20en%20México&f=false>

IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007) Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, núm. 103. Roma, FAO.

IUSS Grupo de Trabajo WRB (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. Roma, FAO.

Jéssica Natalia Nájera-Aguirre. 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 No. 63

Kauffer Michel Edith F. 2010. La cuenca del río Suchiate: entre Inundaciones y movilidad de la Frontera México Guatemala. En: Cotler H., Garrido A., Bunge V. y Cuevas M.L. (2010). "Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones". En: Cotler H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México: Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P, 231 pp. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639

Kauffer Michel Edith F. 2010a. La cuenca del río Coatán: entre inundaciones y escasez, un escenario complejo para la Cooperación México Guatemala. En: Cotler H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México: Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P, 231 pp. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639.

López L., D.; Saavedra G., A.; Castellanos F., L.A.; 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” A.C.

Mapa preliminar de suelos WRB de Guatemala (en construcción).
<http://www.fao.org/globalsoilpartnership>

March Mifsut I. y Castro Marco. 2010. La cuenca del río Usumacinta: perfil y perspectivas para su conservación y desarrollo sustentable. En: Cotler H., Garrido A., Bunge V. y Cuevas M.L. (2010). “Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones”. En: Cotler H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México: Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P, 231 pp. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consulta-Publicacion.html?id_pub=639

March Mifsut I. y Castro Marco. 2010. La Cuenca del Río Usumacinta: Perfil y perspectivas para su conservación y Desarrollo Sustentable. En: Cotler, H. (Coord.). Las Cuencas Hidrográficas de México: Diagnóstico y Priorización. Instituto Nacional de Ecología. México. Versión inxtenso.
https://www.academia.edu/5713552/La_Cuenca_del_R%C3%ADo_Usumacinta_Perfil_y_perspectivas_para_su_conservaci%C3%B3n_y_Desarrollo_Sustentable._IN_EXTENSO?auto=download.

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

Moore, I. D., Grayson, R. B. y A. R. Ladson (1991) “Digital Terrain Modelling review of hydrological, geomorphological and biological applications” en Hydrological Processes, núm. 5, pp. 3-30.

Morán Zenteno, D. J. (1985). Geología de la República Mexicana. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. Instituto de Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM; 1984. P.77-78-79-80.

Padilla y Sánchez, R.J. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División en Ciencias de la Tierra. Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. BOLETÍN DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA. TOMO LIX, NÚM. 1, 2007.

Rosales-Rivas., V. R. (2012). Geología y caracterización física de puzolanas de la zona oriental de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rzedowski, J. (1998) Vegetación de México. México, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Limusa, Grupo Noriega Editores.

Rzedowski, J (2016) Vegetación de México. [En línea]. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2011) El clima y tú. OMM-Nº 1071 https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/dia_meteorologico/2011/Folleto-OMM.pdf

Saavedra A., López D., Castellanos F.; 2019. Análisis Integral del Paisaje. Elementos Conceptuales y Metodológicos. Estudio de Caso Cuenca del Río Usumacinta.

Saavedra, A. y Castellanos F., L.; 2013. Estudio “La Clasificación Fisiográfica de la Región de la Cuenca del Río Usumacinta”. CENTROGEO – FORDECYT. México, Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo” A.C. (Sin publicar).

Saavedra G., A.; López L., D.; Castellanos F., L.; 2016. Análisis de los factores de transformación territorial en los corredores biológicos de Chiapas Norte. México, Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo” A.C.

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN; 2013. Diagnóstico Territorial de Petén. Tomo 1. Petén 2032. Plan de desarrollo integral de Petén.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

RZEDOWSKI, J. 1998 Vegetación de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México D.F., Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, Séptima reimpresión.

Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.

Soil Survey Division Staff (1993) Soil survey manual [en línea], Handbook 18, Washington, D. C., Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture, disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/scientists/?cid=nrcs142p2_054262.

Soil Survey Staff 1998. Keys to Soil Taxonomy. Eighth Edition. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington DC.

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. (UNIATMOS). Centro de Ciencias de la Atmósfera. <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/>

Van Zuidam, R. A. 1986. Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. The Hague, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science.

VILLOTA, H., Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Bogotá: IGAC. 1992. 258p.

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

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

World Meteorological Organization, WMO; 2016. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015. WMO-No. 1167.

<https://es.scribd.com/doc/307071877/Zonas-de-vida-de-Holdridge-pdf>.