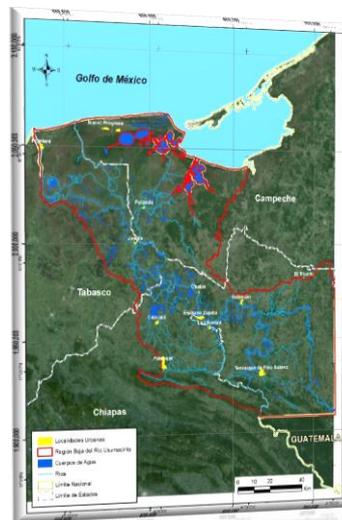


ANÁLISIS FISIOGRÁFICO

REGIÓN DEL BAJO USUMACINTA MÉXICO

El presente estudio ofrece conocimiento acerca del medio físico biótico de la Región del Bajo Usumacinta. Donde se muestra la caracterización de las formas del relieve y su distribución espacial, situación que nos permite identificar, delimitar y caracterizar los paisajes fisiográficos a diferentes niveles (regional o local).



Aristides Saavedra Guerrero
Luis Alejandro Castellanos Fajardo

Tabla de contenido

Presentación.....	2
Introducción.....	3
1. Localización geográfica de la Región del Bajo Usumacinta - RBU.....	5
2. Marco conceptual.....	7
3. Aspectos Metodológicos Generales.....	9
4. Aspectos físico - bióticos en el análisis fisiográfico	11
4.1 Clima.....	11
4.1.1. Proceso de análisis climático.....	12
4.2 Clasificación y descripción de las unidades climáticas.....	12
4.2.1 La Unidad Climática de Clima Muy Cálido Seco.....	13
4.2.2 Unidad Climática de Clima Cálido Húmedo.....	13
4.2.3. Unidad Climática de Clima Semicálido Muy Húmedo.....	13
4.3. Elementos del clima	14
4.3.1. Temperatura.....	14
4.3.2. Precipitación.....	16
4.4. Hidrografía	19
4.4.1 Aspectos Generales	19
4.5. Relieve	21
4.5.1. Aspectos del Relieve.....	21
4.6. Geología	25
4.6.1. Breve historia geológica regional.....	25
4.6.2. Análisis y categorización geológica	32
4.7. Fisiografía	38
4.7.1. Procedimiento en el análisis fisiográfico	38
4.7.2. Metodología de Clasificación.....	40
4.7.3. Clasificación Fisiográfica del Terreno de la RBU	43
Bibliografía	65

PRESENTACIÓN

En el marco del convenio de colaboración con el centro de cambio global para la sustentabilidad del sureste del país y la formulación para la observación y evaluación de la gestión territorial de la región Usumacinta en México, se realizaron para este proyecto algunos mapas acompañados de su respectiva información temática para el conocimiento del medio físico biótico, tales como las regiones morfológicas y las unidades climáticas y geomorfológicas de la **Región del Bajo Usumacinta (RBU)**. Donde se muestra su distribución espacial y la caracterización de las formas del relieve que hay en esta parte del territorio, originadas y controladas por procesos exógenos y endógenos; situación que nos permite identificar, delimitar y caracterizar los paisajes a diferentes niveles (regional o local).

El presente estudio se realizó mediante un proceso de caracterización y análisis del subsistema biofísico desarrollado bajo una metodología de análisis fisiográfico para el establecimiento de las unidades de paisaje a nivel regional del sur del país (*Región de la Cuenca del Río Usumacinta RCRUM*¹ para México, Guatemala y Belice) en un contexto geográfico transnacional denominado en ese estudio "*Región de la Selva Maya*", del cual parte el actual estudio y la descripción fisiográfica de la **RBU**. La metodología señalada se apoya en un sistema de clasificación jerárquico, el cual se presenta como una aproximación integral del paisaje fisiográfico; fundamentada en el análisis y clasificación del territorio, con el fin de contribuir al conocimiento del medio y la preservación de sus recursos naturales y en el uso y manejo más apropiado de las áreas tropicales de esta región.

Así, el análisis fisiográfico incorpora elementos ambientales como son la geología (litología), el clima, el relieve, su origen, edad y algunos aspectos bióticos, los cuales participan esencialmente en este sistema categórico y jerárquico de clasificación del terreno (formas del relieve), adoptando procedimientos sistemáticos que permitan identificar y espacializar variables, dimensionar indicadores ambientales, categorizar problemas (uso y manejo de suelos, áreas susceptibles a erosión, inundación...) y definir escenarios de ordenamiento deseados, los cuales serán punto de partida y objeto de seguimiento para estudios a diferentes escalas (regional, estatal, municipal).

Del mismo modo el documento responde a la memoria técnica y descriptiva la cual contempla introducción, localización, marco conceptual, aspectos metodológicos generales, aspectos físico bióticos, y el análisis y la clasificación fisiográfico de la **RBU**, con las categorías establecidas en la metodología señalada, las cuales abordan, describen y relacionan algunas características representativas del medio.

¹ Véase en el marco conceptual y metodológico del Estudio "*La Clasificación Fisiográfica de la Región de la Cuenca del Río Usumacinta*". Elaborado por: Saavedra, A. y Castellanos, L. (2013). *CENTROGEO – FORDECYT*.

INTRODUCCIÓN

Para conocer la trascendencia e importancia hídrica del río Usumacinta se debe remontar históricamente a muchos aspectos de tipo social, comercial, económico, cultural, político y ambiental; ya que viene ofreciendo ancestralmente relaciones de toda índole como territorio donde se desarrolló y floreció la civilización maya. Asimismo, la forma como se vienen aprovechando y explotando indistintamente con el paso del tiempo sus recursos, trayendo consigo a la región beneficios y vicisitudes a lo largo y ancho de su recorrido. También es trascendental señalar, que en esta parte del país históricamente se presentan distintas situaciones de ocupación y uso del territorio que con el paso de los años, han hecho de ésta, una región que permanente y eminentemente se encuentra en peligro; donde existe y prevalece la tendencia a utilizar, alterar, deteriorar y mermar los recursos naturales de esta exuberante y rica región del trópico húmedo mesoamericano.

Justamente su condición de riqueza natural y gran diversidad de ecosistemas frágiles, con ambientes climáticos muy representativos, así como sus distintos relieves y hábitats presentes por la multiplicidad de sus paisajes fisiográficos (terrestres – continentales), provocan diversas situaciones que atraen, induciendo y contribuyendo con ello de manera provechosa la explotación no planificada de sus recursos; causados principalmente por presiones antrópicas de distinto tipo, así como por eventos naturales catastróficos y por las frecuentes migraciones humanas hacia ellas, con la consecuente sobreexplotación de sus recursos y el uso y manejo inadecuado de sus tierras para la explotación y beneficio particular, entre otras.

Bajo estas características y circunstancias se vienen dando diferentes tipos de conflictos y alteración en el medio, como son la expansión y propagación de la población, acompañados de problemas socio-económicos y tecnológicos no solo para el suministro, la prestación y atención de servicios como agua potable, salud, educación, etc.; sino también, en la generación de toda clase de impactos, resultado y consecuencia de la interacción entre los asentamientos humanos, sus actividades, el medio ambiente y todo su entorno. Por otra parte y dadas las particularidades de la región, social y culturalmente se desarrollan y confluyen distintas actividades socio-económicas, que la hacen una importante región de conjunción y concentración de pobladores y comunidades de diferentes regiones, culturas, tradiciones, países, grupos, etnias y religiones.

Todo este delicado y complejo escenario induce no solo a la aprovechamiento irracional y al deterioro del medio ambiente, sino también contribuyen a los acostumbrados, y cada vez más frecuentes desastres naturales, sumado a todos los problemas socioeconómicos manifestados por la marginación y pobreza que día a día generan más y más conflictos sociales y ambientales que causan marcadas tendencias al deterioro y el agotamiento de sus recursos, obviando y renunciando con ello al desarrollo sustentable y razonable de ambos entornos.

Justamente, la RCRUM (*figura 1*) por su posición geográfica la cual estratégicamente se sitúa esencialmente en México y Guatemala y una muy pequeña porción en Belice, hacen de esta cuenca una de las más importantes y mayores reservas de agua dulce del país, y cuyo sistema fluvial recorre y ambiental se comparte transnacionalmente²; donde además, intervienen múltiples aspectos de tipo social, económico, cultural, ambiental y los concernientes de una región morfológica, que comprende todo lo correspondiente a una región natural en la que se presentan distintas unidades climáticas, conformadas a su vez, por un conjunto de unidades genéticas de

² *Región Transnacional. Definida como un espacio geográfico natural y ambiental establecido entre países, donde se comparten las características de una región morfológica, la cual contiene todo lo perteneciente a una Región Natural y donde se constituyen complejas relaciones socio-económicas; y conjuntamente vista como un sistema territorial en el que también se presenta todo tipo de intercambios, procesos, y una gama y serie de actividades antrópicas y de producción e interacción regional dentro del propio país y entre países vecinos. Saavedra, A.*

relieve con relaciones de conexión y afinidad de tipo geológico en cuanto a edad, litología/depósitos superficiales, hidrografía, estructuras y geformas espacialmente a nivel regional, entendidas éstas como la disposición de las unidades de paisaje establecidas en el contexto medio ambiental.

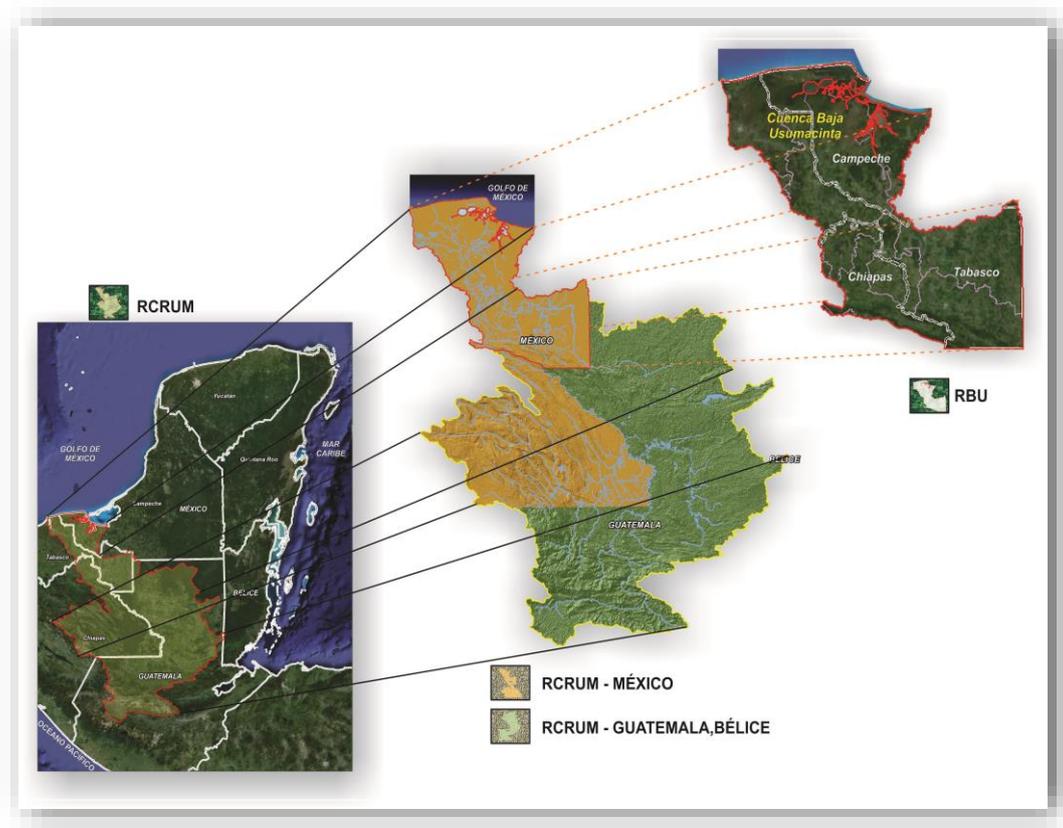


Figura 1. Región del Bajo Usumacinta RBU en su Contexto Geográfico Regional RCRUM

De acuerdo con lo anterior, el presente documento contiene solamente el análisis fisiográfico desarrollado para la Región del Bajo Usumacinta México (RBU) hasta nivel de paisaje dentro de su contexto geográfico regional; mismo que está estrechamente ligado con la geomorfología y cuyo alcance comprende las formas del relieve y su morfogénesis; las cuales permiten describir la naturaleza contribuyendo así al conocimiento del medio físico biótico en la región; para que posterior y conjuntamente con otras disciplinas, sirvan de herramienta fundamental para el ordenamiento del territorio, la preservación de sus recursos naturales y a favorecer con ello, el uso y manejo más apropiado de las tierras en ésta región tropical de la cual forma parte, concierne y afecta el Bajo Usumacinta.

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA REGIÓN DEL BAJO USUMACINTA - RBU

La RCRUM con aproximadamente 77,265 Km² constituye uno de los ecosistemas de mayor diversidad biológica y cultural de la región; y particularmente a la Región del Bajo Usumacinta RBU en México³, le corresponden 14,500 Km², participando con el 18.76% del total de la cuenca. Asimismo, la RBU se sitúa principalmente en el Estado de Tabasco con una participación del 55% que equivalen a 802,062 hectáreas, distribuida en los municipios de Tenosique, Balancán, Emiliano Zapata, Jonuta, Macuspana y Centla; otra parte pertenece al Estado de Chiapas con un 17% de participación, que representan 237,421 hectáreas, repartidos en los municipios de Palenque, La Libertad y Catazajá y una ocupación de 28% en el Estado de Campeche con 409,681 hectáreas, localizada en los municipio del Carmen y Palizala (*Figura 1A*).



Figura 1A. Participación en superficie por Estado (Ha y %)

La RBU se localiza aproximadamente entre los 17°15'32" y 18°41'50" de latitud Norte y los 90°59'14" y 92°41'30" de longitud al Oeste de Greenwich (*Figura 2*). Cubre una superficie de 1'450.046 Hectáreas conformada en gran parte de su territorio por una compleja y extensa planicie o llanura Mixta (Aluvial, Marina, Lacustre, Fluvio-Lacustre, Fluvio-Palustre o Fluvio-Marina) perteneciente a la provincia fisiográfica denominada Llanura del Golfo de México hasta entrar en contacto propiamente al Sur con la colindada provincias fisiográficas de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala y en su parte Sur-Sureste con la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán.

Situada al Sureste de México, comparte frontera al Norte con la línea costera del Golfo de México y el municipio de Carmen en Campeche, al Sur con los municipios de Palenque y Salto del Agua en Chiapas y el departamento del Petén de Guatemala; al Oeste con los municipios de Centla y Macuspana en Tabasco; al Noreste limita con el municipio de Carmen en Campeche y Balancán en Tabasco y al Este con el departamento del Petén en Guatemala y el municipio de Candelaria en Campeche.

³ No incluye lo correspondiente a la Región Baja de la Cuenca del Río Usumacinta en Guatemala.

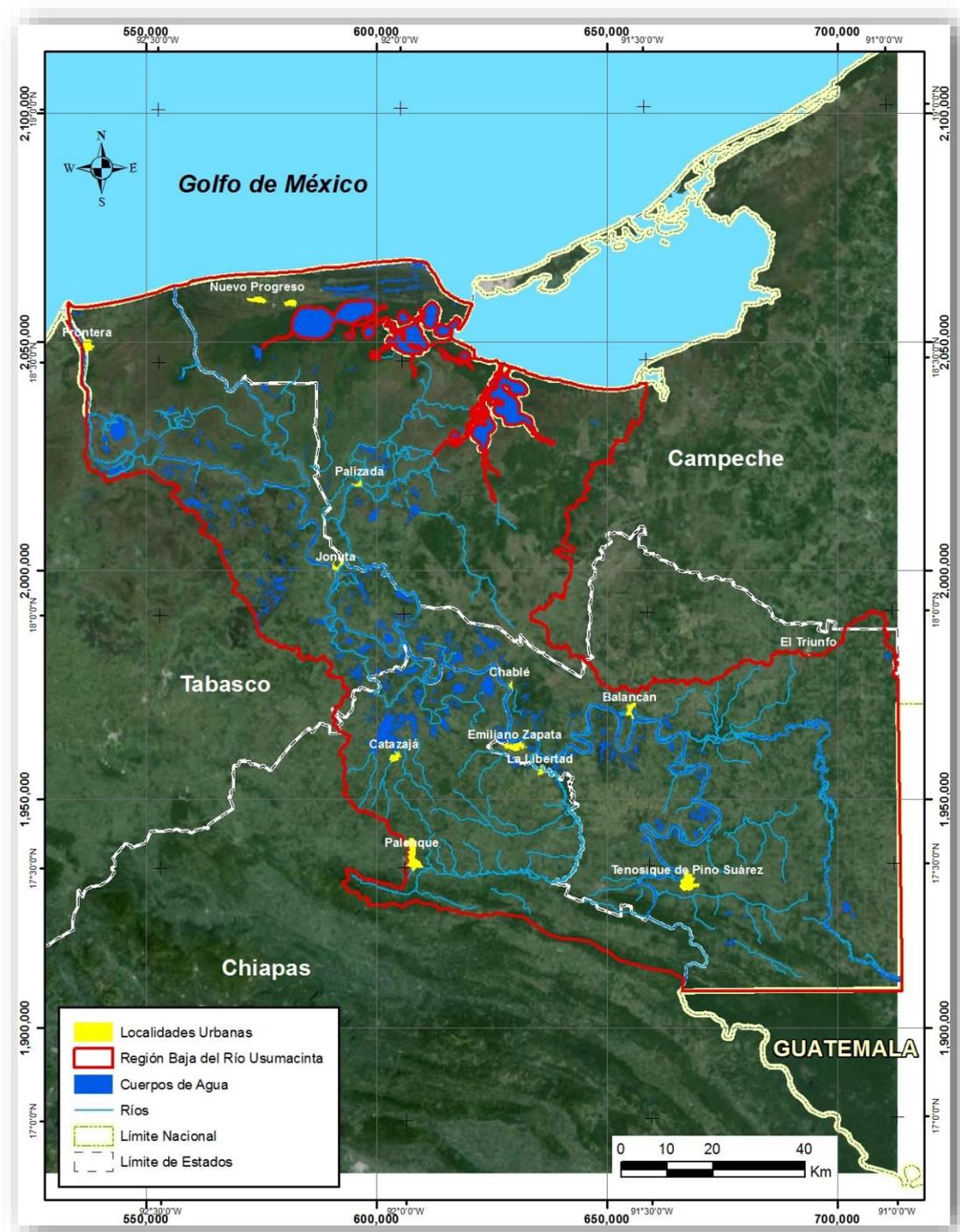


Figura 2. Localización Geográfica Región del Bajo Usumacinta (RBU).

2. MARCO CONCEPTUAL

La Fisiografía está definida como la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litósfera, en conjunto con el estudio de la hidrósfera, la atmósfera y la biósfera. (Villota, H. 1989). De acuerdo con el mismo autor (1997), el análisis fisiográfico consiste en un método moderno para interpretar imágenes de percepción remota de la superficie terrestre, que se basa en la relación paisaje-suelo. Por su parte Coque, R. 1984., sostiene que 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, y por lo tanto, el estudio del relieve es un fenómeno complejo, el cual está definido por estructuras geológicas variadas y una gran diversidad de sistemas morfogénéticos y bioclimáticos.

De este modo, 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. Del mismo modo se presentan los procesos de agradación con la creación de sus geoformas correspondientes, los cuales 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...), los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la depositación de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves más elevados, ocasionada por ellos mismos (Villota, H. 1991).

Asimismo, se presenta la contribución y distribución de los diferentes depósitos superficiales, producto de los distintos procesos de agradación - sedimentación por el régimen hidrológico, con los consecuentes fenómenos de remoción en masa (desprendimiento, deslizamientos...) acarreo, y depositación de los mismos con diferentes relaciones de proporcionalidad entre las partes sólida y líquida; que sumado a la inestabilidad de todos estos factores morfogénéticos a lo largo del tiempo incrementan su complejidad y con ello la definición e interpretación de las diferentes formas del relieve.

En relación a la geomorfología esta 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 en base a su morfología, edad, origen y composición.

Por otra parte Etter (1990), considera que el paisaje es el resultado de la interacción espacial y temporal de los factores formadores del ecosistema, es decir factores bióticos, abióticos y antrópicos. Se plantea además, que el paisaje contiene dos partes: una "no visible" el criptosistema, por estar cubierta y se interpreta de forma indirecta; la segunda que es visible, el fenosistema, compuesto por la geoforma y la cobertura. Según este concepto, la identificación, delimitación y caracterización de los paisajes parte de la consideración del fenosistema; es decir, la caracterización de las geoformas y la cobertura debe ser el punto de partida para cualquier análisis de paisajes. Propone igualmente, que la unidad de paisaje es "una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas producto de la actividad de las rocas, el agua, el aire, las plantas, los animales y el hombre, que por su fisonomía es reconocible y diferenciable de otras vecinas".

Examinándolo de manera aplicada, la fisiografía contempla el estudio, la clasificación y la descripción de las geoformas del terreno, donde se consideran aspectos geomorfológicos, geológicos, climáticos, e indirectamente algunos aspectos bióticos, (incluye la actividad antrópica). Así, a partir del análisis y la clasificación fisiográfica en su entorno regional (RCRUM); en este

estudio se integran, relacionan y presentan los elementos fisiográficos que constituyen el sistema natural de la Región del Bajo Usumacinta México (RBU), y posterior y complementariamente se relacionara a los procesos y productos en los que interviene e interactúa el hombre sobre el medio natural en el cual se desarrollan.

Bajo estos elementos de estudio vamos a presentar el análisis fisiográfico como una metodología que apunta hacia la obtención de un inventario estructurado de los paisajes⁴, muy útil en los levantamientos e inventarios de suelos, pero aún más valioso, en su acercamiento hacia la zonificación ecológica; donde se busca realizar no solo el inventario y análisis de los paisajes, sino además sus componentes y sus interrelaciones e interacciones. Estos últimos objetivos mencionados, pendientes por integrar, desarrollar y estudiar en una subsiguiente etapa del proyecto RCRUM.

De esta manera, se realizará la caracterización y el análisis del subsistema físico biótico enmarcada dentro de la metodología propuesta del Análisis Integrado del Paisaje, el cual se basa fundamentalmente en el conocimiento de disciplinas especializadas y en el estudio específico de un aspecto del paisaje. Apoyadas en un sistema de clasificación jerarquizados (integral), con el fin de lograr a posteriori una aproximación sistémica del paisaje, con visión de conjunto desde la perspectiva de las diferentes disciplinas, con alternancia entre el análisis y la síntesis. El sistema de clasificación posee una estructura piramidal, la cual permite y facilita estudiar jerárquicamente (de lo general a lo particular) cualquier región rural desde un enfoque biofísico. Esta metodología de clasificación comprende cinco categorías o niveles jerárquicos (*Figura 3*).

El análisis fisiográfico de la RBU presentado en este estudio se realizó bajo éste método de clasificación sistemática y Jerarquizada donde se integran el relieve, las formaciones geológicas, los depósitos superficiales y el clima. Por lo tanto, se precisó del análisis y desarrollo de información climática, geológica y geomorfológica, además de otros insumos temáticos que van cobrando importancia, según el nivel de detalle que se va planteando y a la vez, el permitido por la cartografía temática disponible, empleada y la levantada con éste fin.

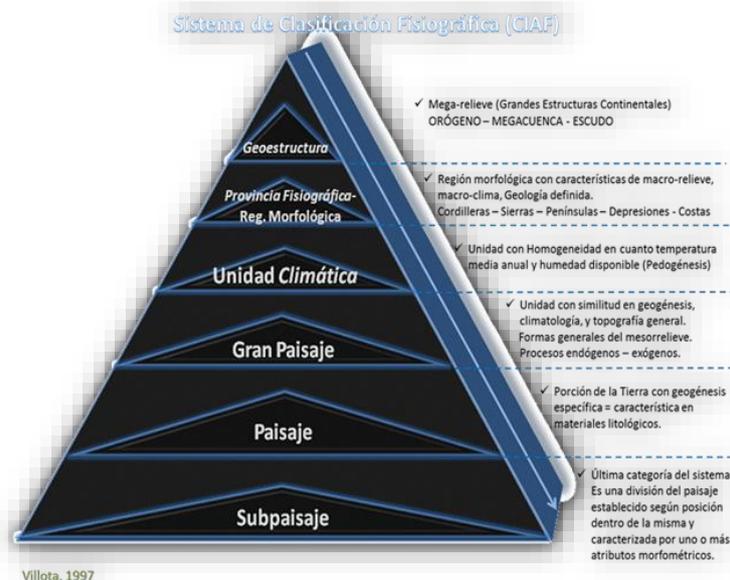


Figura 3. Sistema Jerárquico de Clasificación Fisiográfica⁵.

⁴ El paisaje, como expresión de los fenómenos relativos a la interacción Hombre-Naturaleza, es el concepto básico del objeto de investigación de la ciencia denominada ecología del paisaje. **Turner G., Monica y Robert H. Gardner. Ecological Studies. Nueva York, EE.UU., Springer, 1991.**

⁵ IGAC- CIAF. Villota, H. 1997, pág. 87.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS GENERALES

Para el Análisis Fisiográfico de este estudio, partimos de la implementación del sistema de clasificación fisiográfico desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica (CIAF), el cual posibilita estudiar cualquier zona rural desde el punto de vista biofísico, de manera jerárquica. De esta manera y a partir de la información climatológica (tomada de UNIATMOS⁶), y la geológica elaborada por el INEGI (Esc. 1:250.000); se procedió con el procesamiento de la información, y a partir de esta, se estableció un análisis para la jerarquización temática integrada de los aspectos climáticos, geológicos /formaciones superficiales y de relieve.

De la información climática descargada y procesada de UNIATMOS (datos de temperatura y precipitación media mensual por un periodo de 50 años comprendido entre los años 1950 y 2000) se elaboraron los promedios anuales para cada uno, y junto con la altitud sacada del modelo digital de elevación (DEM 30m - ASTER), se conformaron los principales atributos climáticos que se tuvieron en cuenta para determinar nuestra propuesta de Clases de Unidades Climáticas (elaborada para nuestra región de contexto transnacional) *Figura 5*. La propuesta de clasificación fue realizada con base en el análisis de las Provincias de Humedad, la Bio-Temperatura Media Anual (°C), el promedio de Precipitación Total por Año (mm), la altitud (m.s.n.m.), regiones latitudinales y la Clasificación Köeppen, con el Diagrama de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (*Figura 4*).

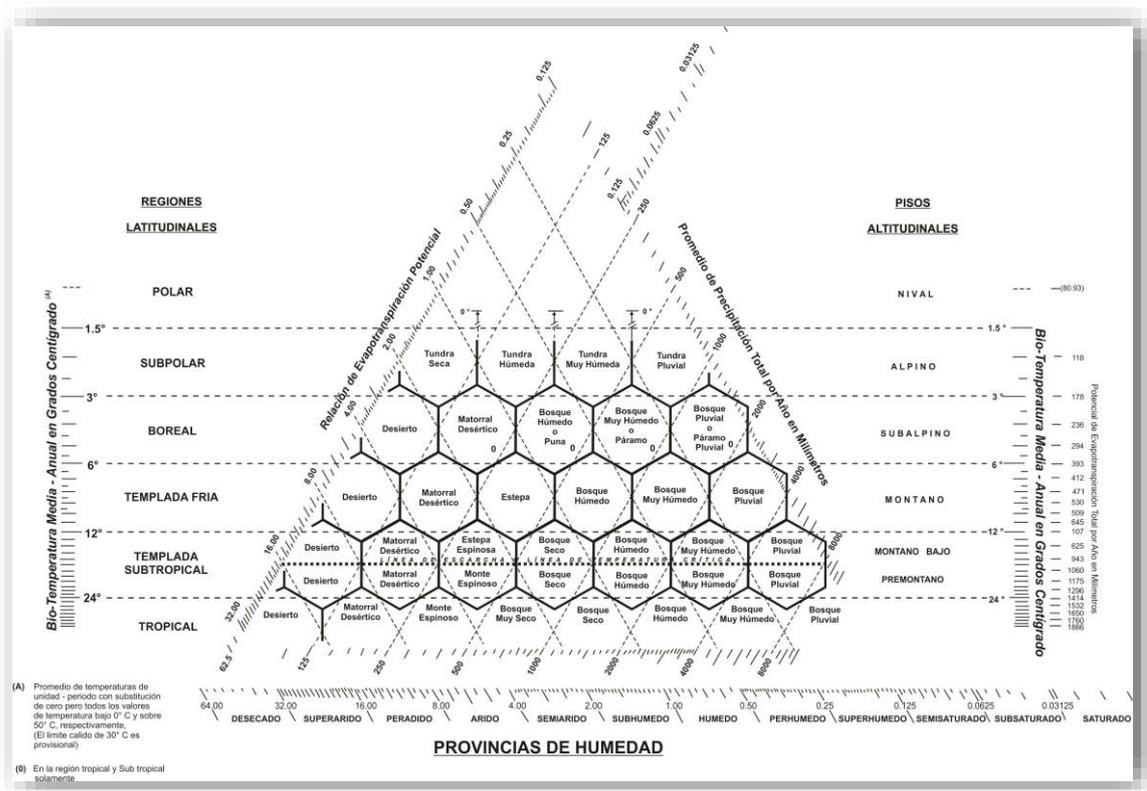


Figura 4. Diagrama Triangular de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge.

⁶ UNIATMOS. Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Asimismo, en la definición de criterios geológicos y geomorfológicos, y del análisis y estrecha dependencia como sistema natural, se agruparon y jerarquizaron las clases de materiales geológicos/litológicos y/o formaciones superficiales, conforme a un sistema de clasificación geológica (IGAC, 2002), del cual se separaron y reunieron los tipos de materiales para definir con ello, las distintas unidades morfogenéticas de relieve. De esta forma se lograron conformar las diferentes categorías con materiales homogéneos y por consiguiente sus relaciones de manera jerárquica.

Para implementar la metodología de análisis fisiográfico se conformó el mosaico de las imágenes de satélite y el modelo digital de elevación (DEM); y a partir de éstos se elaboraron los anáglifos⁷, que son los que permiten a través de la visión binocular, ver el relieve tridimensionalmente. Su obtención se hizo mediante el procesamiento digital de imágenes con el programa ERDAS; el cual se genera mediante la superposición de la imagen de satélite y el Modelo de Elevación Digital (DEM-generado este en base a las curvas de nivel), y mediante la aplicación del algoritmo (Anaglyph Generation) que contiene el programa (ERDAS - Terrain), se construyó el anáglifo sobre el mosaico de las imágenes Landsat (Figura 6).

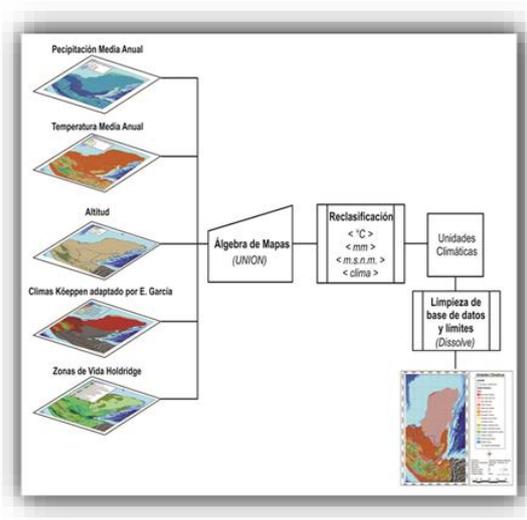


Figura 5. Esquema Metodológico para la conformación de Clases de Unidades Climáticas

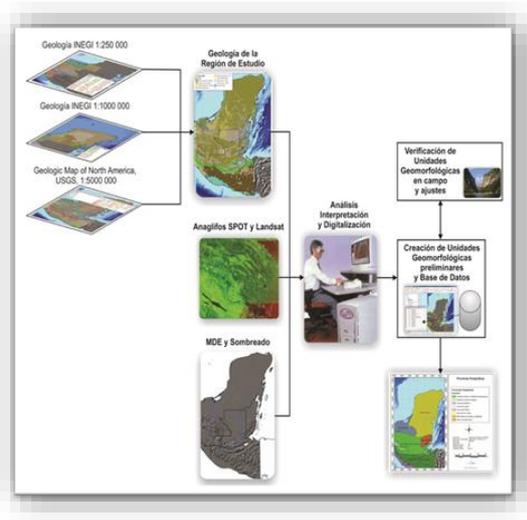


Figura 6. Esquema Metodológico para la conformación de Unidades Geomorfológicas y la Clasificación Fisiográfica

En términos generales el anáglifo es un mosaico de imagen generado como apoyo para la interpretación del relieve, el cual nos provee una visión en alto relieve, y con la ayuda de las técnicas de análisis e interpretación de imágenes (lectura – análisis – deducción – clasificación) sumado a la información temática, permitieron el análisis, la identificación y separación individual y conjuntamente (hasta cierto nivel), de las distintas formas del relieve presentes (condicionadas por la resolución espacial de las imágenes de satélite LANDSAT –TM y el DEM).

En relación a lo anterior, es importante indicar que en el análisis fisiográfico tanto los aspectos geomorfológicos (geofomas del terreno, paisaje y diferentes tipos de relieve); como los geológicos (estructuras geológicas y diferentes clases de rocas), los suelos y la hidrografía presentan elementos de correlación que en conjunto permiten la identificación y/o diferenciación de los diferentes paisajes que conforman la superficie terrestre. Así, el proceso visual de

⁷ Anáglifos. Las imágenes de anáglifo o anáglifos son imágenes de dos dimensiones capaces de provocar un efecto tridimensional, cuando se ven con lentes especiales (lentes de color diferente para cada ojo). <http://es.wikipedia.org/wiki/Anaglifo>.

interpretación de imágenes de sensores remotos se basó y apoyó particularmente en los anáglifos generados para definir las unidades geomorfológicas.

4. ASPECTOS FÍSICO - BIÓTICOS EN EL ANÁLISIS FISIAGRÁFICO

Considerar los procesos de caracterización y el análisis del subsistema físico biótico, implica contener, aplicar o desarrollar propuestas metodológicas orientadas al Análisis Fisiográfico para el establecimiento de las unidades de paisaje y del análisis integral del mismo. Por lo tanto, se necesita fundamentalmente del conocimiento de disciplinas especializadas en el estudio específico de un aspecto del paisaje y deben estar apoyadas sobre sistemas de clasificación integrales, con visión de conjunto desde una perspectiva de las diferentes disciplinas. Así, el resultado del análisis fisiográfico será una herramienta básica para la ecoregionalización, el ordenamiento y la planeación del territorio.

El presente apartado contiene el estudio fisiográfico y la caracterización de las unidades fisiográficas de la RBU (temas de esta investigación), con las categorías identificadas en la metodología implementada de análisis, relacionando las unidades con los componentes clima, geología / litología y geomorfología para obtener las unidades fisiográficas. Para este análisis, las unidades descritas en el documento se utilizaron como punto de referencia para elaborar la fisiografía del presente estudio.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a los aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos y fisiográficos.

4.1 Clima

Como es conocido, el clima conforma el conjunto de condiciones de la atmósfera que caracterizan el estado o situación del tiempo atmosférico y su evolución en un lugar o región. Por lo tanto, el clima es determinado por el análisis espacio temporal de los elementos que lo definen y los factores que lo afectan; de tal forma, que se debe distinguir entre las condiciones actuales y su evolución llamado tiempo atmosférico, y las condiciones medias durante un largo periodo que se conoce como clima.

Entre los elementos principales del clima se tiene temperatura, precipitación, presión atmosférica, brillo solar, vientos, humedad, etc.; siendo los dos primeros los más importantes ya que permiten delimitar, clasificar y zonificar el clima de una región determinada, en tanto que los otros se presentan como atributos caracterizadores de las unidades ya definidas. En cuanto a los factores del clima como: pendiente, altitud, corrientes oceánicas y formas y orientación del relieve, generan cambios climáticos a nivel regional o local, en tanto que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima tanto como su indicador.

De esta manera, el clima es transcendental en el aspecto físico-biótico por su directa influencia en la evolución de los suelos y el paisaje. Asimismo es uno de los elementos necesarios para la determinación de las amenazas y riesgos naturales, y desde el punto de vista socioeconómico por su influencia en el uso y manejo de las tierras.

4.1.1. Proceso de análisis climático

Para el análisis climático del RBU, se decidió utilizar la información disponible en el “Atlas Climático Digital de México (ACDM)”⁸, desarrollado por la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM (UNIATMOS)⁹, en el cual se ponen a disposición datos atmosféricos, ambientales y socioeconómicos a través del despliegue de mapas y el acceso a los valores promedio mensuales de variables climatológicas continentales, de parámetros bioclimáticos derivados, así como de modelos y escenarios de cambio climático a muy alta resolución espacial (926 m).

La información climática y bioclimática continental del ACDM está basada en las mediciones puntuales 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) las cuales fueron interpoladas con métodos objetivos por Hijmans *et al* (2005) considerando los efectos topográficos conforme a la base Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) para lograr la cobertura, calidad y la resolución espacial.

Por otra parte, la información se despliega mediante mapas georeferenciados en medios interactivos en Internet que se pueden exportar en formato KML para ser incorporados en el sistema Google Earth o mediante el servicio Web Map Service (WMS) y puedan ser combinados con información de otras fuentes. Además los datos se pueden descargar en forma gratuita en formatos Geotiff y txt.

La información obtenida del ACDM contiene mapas digitales en formato raster con valores de Precipitación Promedio Mensual, Precipitación Máxima y Mínima (mm) y los valores de Temperatura Media Mensual, Temperaturas Máxima y Mínimas (°C) entre otros, de la República Mexicana y Centroamérica para el periodo comprendido entre los años 1950 – 2000.

Para la caracterización y clasificación climática se parte de la elaboración de los promedios anuales de precipitación y temperatura y junto con la altitud sacada del modelo digital de elevación (DEM 30m – ASTER), se conformaron los principales elementos climáticos que se tuvieron en cuenta para establecer nuestra propuesta de Clases de Unidades Climáticas¹⁰ (elaborada para la región dentro del contexto transnacional – RCRUM). La propuesta de clasificación fue realizada en base al análisis de las Provincias de Humedad, la Bio – Temperatura Media Anual (°C), el promedio de Precipitación Total por Año (mm), la altitud (m.s.n.m.), las regiones latitudinales del Diagrama de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge y se relacionaron con la Clasificación climática de Köppen, adaptada por E. García.

4.2 Clasificación y descripción de las unidades climáticas

El resultado de las Unidades Climáticas Propuestas para la RBU se presentan en la *figura 7*, las cuales como ya se mencionó, fueron clasificadas de acuerdo al análisis de los elementos climáticos de precipitación, temperatura y adicionalmente el factor altitud. Así obtuvimos las siguientes unidades climáticas para la RBU: Unidad Climática de Clima Muy Cálido Seco, Unidad Climática de Clima Cálido Húmedo y la Unidad Climática de Clima Semicálido Muy Húmedo.

⁸ Fernández - Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo., R. Romero-Centeno. 2010. Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/>

⁹ UNIATMOS. Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

¹⁰ Elaborado por Saavedra, A. y Castellanos, L. CENTROGEO – FORDECYT., 2013.

4.2.1 La Unidad Climática de Clima Muy Cálido Seco

Presenta una precipitación pluvial anual entre 1,270 y 1,500 *mm*, una temperatura media anual entre 25 y 28 °C y altitudes entre los 0 – 40 m.s.n.m.; perteneciente a la provincia de humedad Seca (Subhúmeda), a la zona de vida de Bosque Seco (*bs-T*) y en la Clasificación Köeppen adaptada E. García, al Semiseco Muy Cálido con lluvias en verano *BS1 (h') w*.

4.2.2 Unidad Climática de Clima Cálido Húmedo

Con una precipitación de 1,500 a 2,700 *mm* anuales, temperatura media anual entre 24 y 27 °C, y altitudes que van aproximadamente desde los (cero) 0 hasta los 700 m.s.n.m.; concerniente a la provincia de humedad Húmeda, a la zona de vida de Bosque Húmedo tropical (*bh-T*) y en la Clasificación Köeppen adaptada E. García, al Cálido Subhúmedo con lluvias en verano *AW2*.

4.2.3. Unidad Climática de Clima Semicálido Muy Húmedo

Con precipitaciones entre 1,950 y 2,794 *mm* anuales, temperatura anual entre los 22 y 25 °C, y altitudes entre los 300 y 1,200 m.s.n.m.; correspondiente a la provincia de humedad Muy Húmeda (*perhúmeda*), a la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Premontano (*bmh-PM*) y en la Clasificación Köeppen adaptada E. García, al Semi Cálido Muy Húmedo.

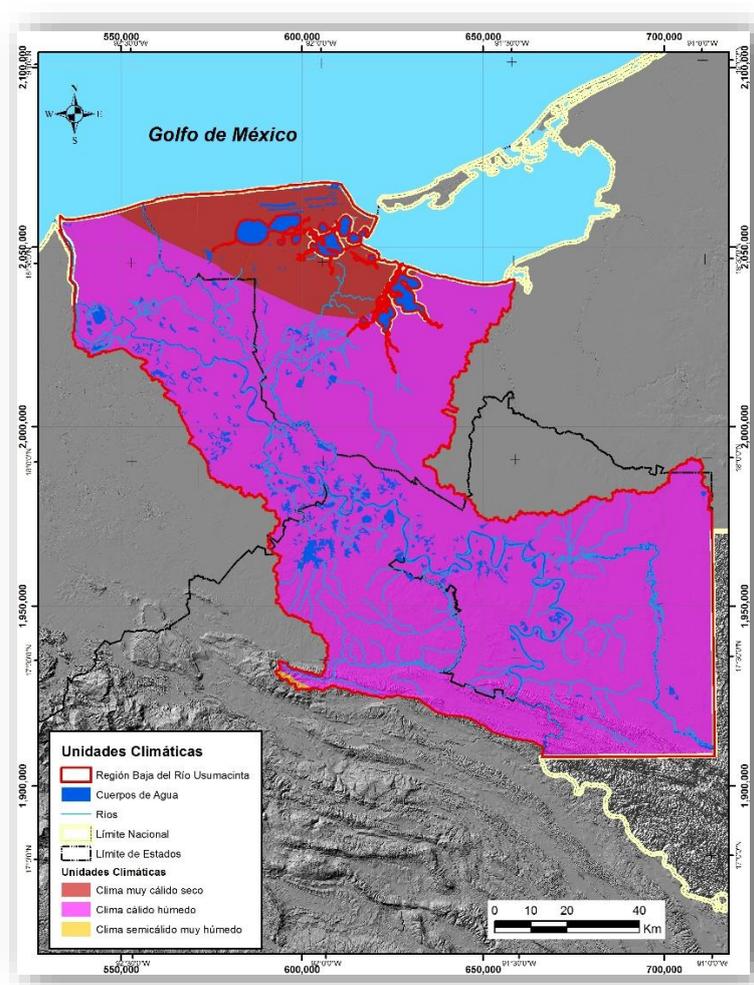


Figura 7. Unidades Climáticas

4.3. Elementos del clima

4.3.1. Temperatura

Las temperaturas medias mensuales para la RBU varían entre los 23°C, para el mes de enero y los 29°C, para el mes de mayo. Las temperaturas máximas van entre los 30° y 37° centígrados en los mismos meses, y las mínimas entre 13° para el mes de febrero y 18° centígrados para el mes de septiembre. Las temperaturas medias anuales son del orden de 26.5 °C y su distribución en la región se presenta en la *figura 8*, las medias mínimas anuales de 21.8 °C y medias máximas de 27.6° centígrados.

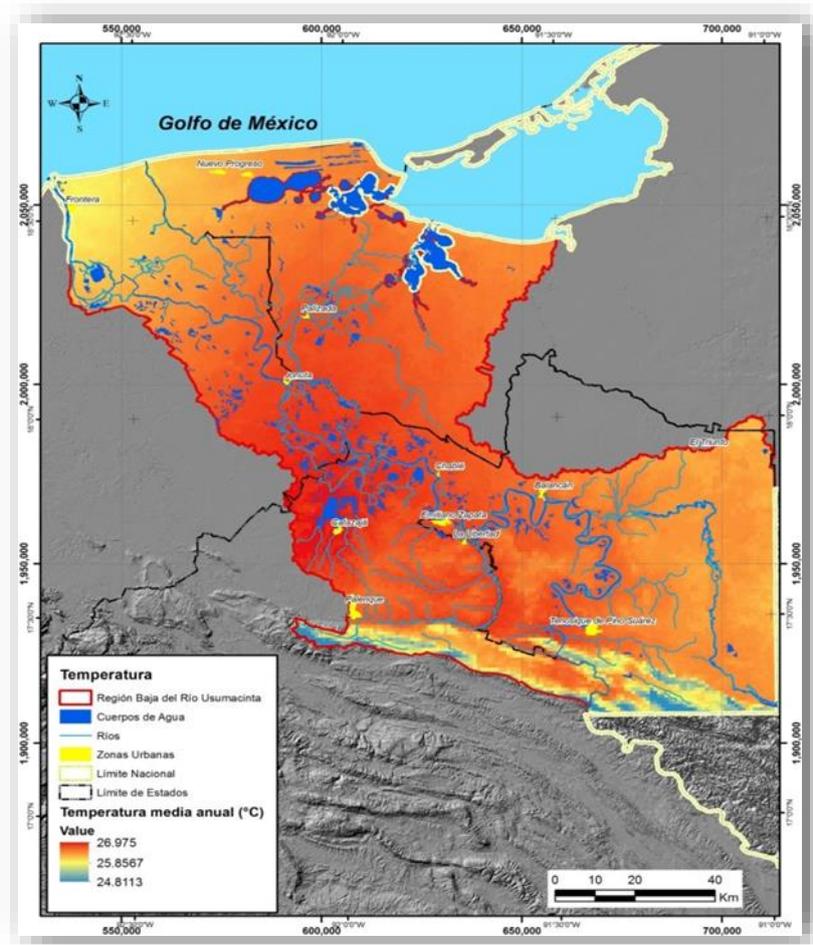
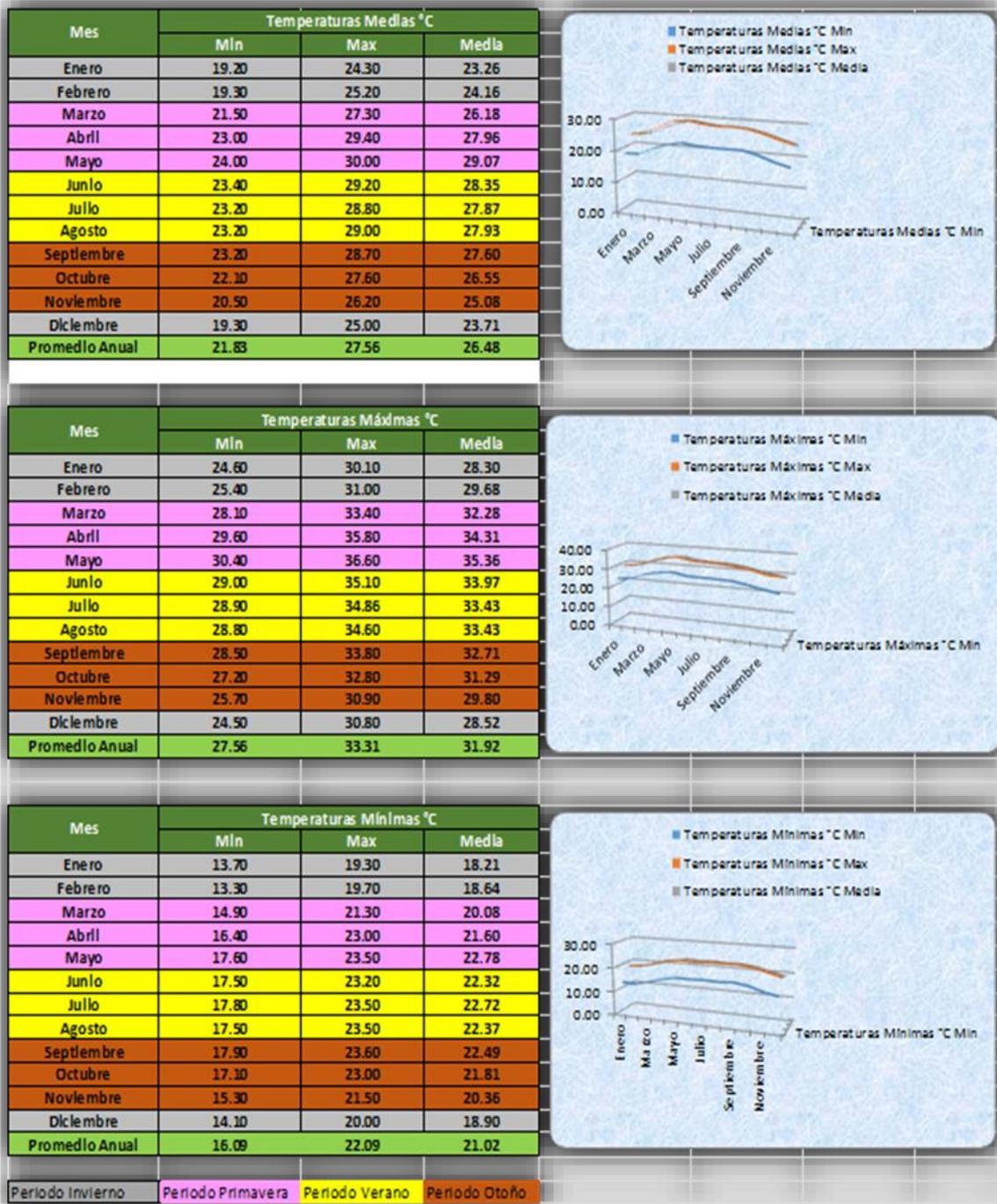


Figura 8. Distribución de la Temperatura Media Anual °C (1950 – 2000)

Asimismo para el periodo de invierno se presentan las temperaturas medias más bajas en Diciembre con 23.71°, enero con 23.26° y febrero con 24.16° centígrados. En el periodo de verano contrastado se presentan las temperaturas medias más altas las cuales varían entre los 27.8° y los 28.35°C; al igual que el periodo de primavera donde las temperaturas promedio varían entre los 26°C y 29°C. Lo que respecta al periodo de otoño la temperatura media está entre 27.6°C en el mes de septiembre, 26.5°C en octubre y 25°C en el mes de noviembre (*Cuadro 1*).

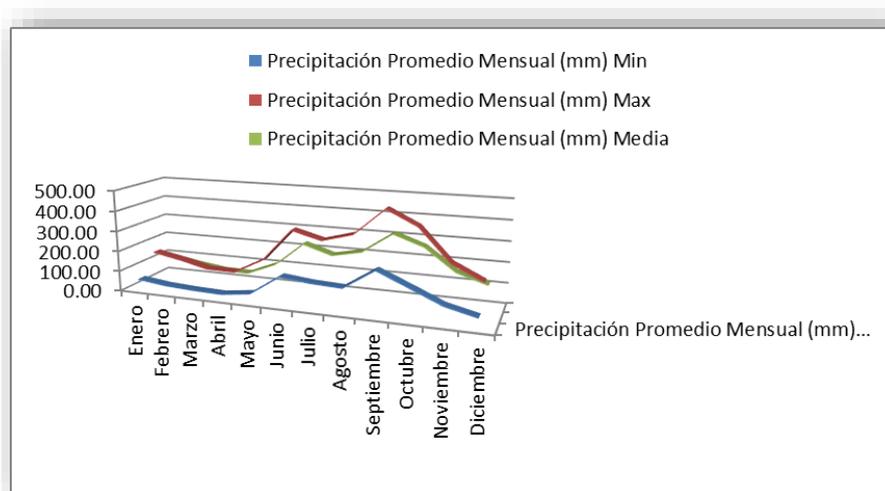


Cuadro 1. Datos y Grafica del comportamiento de las temperaturas medias (°C)

MES	Precipitación Promedio Mensual (mm)		
	Min	Max	Media
Enero	53.00	155.00	92.88
Febrero	36.00	128.00	68.69
Marzo	28.00	95.00	49.10
Abril	24.00	93.00	46.63
Mayo	43.00	169.00	106.89
Junio	141.00	329.00	226.95
Julio	126.00	291.00	181.86
Agosto	119.00	332.00	212.32
Septiembre	216.00	462.00	313.60
Octubre	152.00	391.00	262.13
Noviembre	87.00	236.00	154.78
Diciembre	51.00	164.00	108.16
Total PPT/ promedio Anual	1076.00	2845.00	1823.99

Precipitación del mes más lluvioso	1251.47	2789.90	1854.68
Precipitación del mes más seco	21.06	86.04	42.92
Precipitación del trimestre más lluvioso	465.70	1079.86	707.34
Precipitación del trimestre más seco	96.88	306.07	164.71

Precipitación del trimestre más cálido	233.05	590.21	380.93
Precipitación del trimestre más frío	152.01	451.42	274.13



Cuadro 2. Datos y grafica del comportamiento de la precipitación promedio (mm). Periodo (1950 – 2000)

4.3.2. Precipitación

La precipitación pluvial media mensual varía entre los 46 *mm* para el mes de abril siendo el mes menos lluvioso (el más seco) hasta los 313 *mm* para el mes de septiembre como el más lluvioso, presentándose las máximas precipitaciones igualmente en el mes de septiembre con 462 *mm* y octubre con 391 *mm*; y las mínimas precipitaciones en el mes de abril con 24 *mm*, marzo con 28 *mm* y febrero con 36 *mm* (cuadro 2). Las precipitaciones medias anuales son del orden de 1,824

Complementariamente y de acuerdo con el modelo bioclimático de zonas de vida propuesto por Holdridge, y correlacionado con los registros del de Precipitación Promedio Mensual (*mm*) y los valores de Temperatura Media Mensual, Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) del Atlas Climático Digital de México de la República Mexicana y Centroamérica para el periodo comprendido entre los años 1950 – 2000, en el área de estudio sobresalen tres unidades climáticas, a saber: bosque húmedo Tropical (*bh-T*), bosque seco Tropical (*bs-T*) y bosque muy húmedo Premontano. La información climática (temperatura y precipitación) como ya se mencionó fue tomada de UNIATMOS, y procesada para el estudio de análisis fisiográfico de la RCRUM, y la conformación de las unidades climáticas, mismas que están reseñadas en los Cuadros 1 – 2 – 3.

Periodo Verano		Periodo Otoño		Total
Mes	PPT (mm)	Mes	PPT (mm)	PPT (mm)
Junio	329.00	Septiembre	462.00	791.00
Julio	291.00	Octubre	391.00	682.00
Agosto	332.00	Noviembre	236.00	568.00
Total	952.00		1089.00	2041.00

Cuadro 3. Épocas de mayor precipitación pluvial promedio mes y periodos (mm)

Es importante asentar que la RBU en México hace parte de la vertiente del Atlántico, esto es, todo el Estado de Tabasco, y gran parte de la región septentrional y central del Estado de Chiapas; siendo esta, una de las comarcas del planeta que presenta precipitaciones pluviales abundantes, con una media de 1824 mm y una máxima de 2041 mm tan solo en un semestre (periodos verano – otoño), época donde son comunes las tormentas tropicales, las cuales dejan a su paso lluvias de gran intensidad.

Según González, P. (1981), el periodo de lluvias abarca la mayor parte del año, desde junio hasta febrero, siendo más intensas en el verano, pero más prolongadas y frecuentes durante el otoño y un poco menor en el invierno. Contrariamente, la primavera es la época de menor lluvia, corresponde a la denominada época de secas en marzo y abril; por su parte el verano, es la estación donde se presentan los aguaceros torrenciales y tempestuosos, y en lo que respecta a los periodos otoño e invierno, es la época o estación de los “nortes”, ya que se presentan los vientos reinantes del N. Noroeste., del Oeste., y del Noreste, los que causan en la región lluvias constantes pero de menor intensidad, permaneciendo a veces semanas enteras.

Por otra parte e innegablemente en lo que respecta al sistema fluvial de la vertiente del Atlántico o del Golfo de México (muy relacionado con las precipitaciones pluviales), representa en esta área del territorio la vertiente que en longitud es aproximadamente 4 o más veces mayor que la vertiente del Pacífico, y sumado a la poca pendiente, así como la disposición de su sistema montañoso y el relieve mismo que lo caracteriza, admiten y consiente a esta, el recibir y capturar las abundantes lluvias que allí caen, permitiendo al flujo de aguas el acumularse y desarrollarse en su vasta red fluvial, cuyo caudal majestuosamente desciende al Golfo de México.

4.4. Hidrografía

4.4.1 Aspectos Generales

La Cuenca del Río Usumacinta (RCRUM) la comparten principalmente México y Guatemala, la que a su vez, es considerada como la cuenca más grande dentro de la Región de la Selva Maya, haciendo parte de la región denominada del Petén. Su principal río es el Chixoy o Negro que da origen a esta importante cuenca que nace en las montañas de la Chamá y los Cuchumatanes, ubicada en el sector norte-centro del altiplano Guatemalteco. A su vez, este río es considerado el principal y el más largo cauce de agua en Mesoamérica, y es el sexto más largo de Latinoamérica con un área de captación de 106,000 km² de territorio, con una carga anual aproximada de 105,200 millones de metros cúbicos de agua anuales y representa el 30 % de agua dulce que posee México. (J Cabrera y P Cuc., 2002). De los cuales el 42% del total de la superficie de la cuenca se localiza en los Estados de Chiapas, Tabasco y Campeche en México, y el 58 % ocupan el territorio de la cuenca en mención los Departamentos de Huehuetenango, Quiché, Cobán y Petén en Guatemala.

También forma parte de esta importante cuenca, una muy pequeña porción de la superficie ubicada en la Región de la Sierra Maya en Belice. Por otra parte, el río Usumacinta junto con el río Grijalva, forman una de las regiones hidrológicas de mayor extensión en México (13'384,739.9 ha) y la más grande de Centroamérica.

En su curso recibe diferentes afluentes o ríos secundarios, entre los más importantes se pueden mencionar los Ríos Lacantún, cuyas aguas más lejanas nacen en la zona reina de Guatemala en los departamentos de Huehuetenango y Quiché, atravesando el territorio del Marqués de Comillas, y la reserva de la biosfera de los Montes Azules en territorio Chiapaneco; y río San Pedro, que proviene de los municipios de San Andrés y la libertad Petén, en el corazón de la biosfera Maya, su extensión es de 728.85 kilómetros y desemboca en el Golfo de México (J Cabrera y P Cuc., 2002).

La unión de los ríos La Pasión, Salinas o "Chixoy" y Lacantún en el territorio mexicano forma el río Usumacinta. Desde ese lugar, conocido como el raudal de Anaite, hasta el sitio de Boca del Cerro, a unos 70 km río abajo, es considerada por algunos como la cuenca media del Usumacinta. Esta parte del río se caracteriza por su recorrido entre riscos y cañones calcáreos, la pendiente del cauce es más pronunciada y el río corre con alta velocidad (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 2005).

Otros afluentes que aportan al Usumacinta en la cuenca media son los ríos Butziljá, Chancalá y el Chocoljáh, que nacen en las sierras del lado chiapaneco. Los tributarios permanentes del lado guatemalteco son el arroyo Yaxchilán, que drena la parte suroeste del Parque Nacional Sierra del Lacandón, a través de un trayecto de 21.4 km, y el arroyo Macabilero que drena la parte plana del interior del parque entre la Sierra de la Ribera y la Sierra de Lacandón (TNC 1998).

En cuanto a la Región de la cuenca baja del Usumacinta en México, está constituida por una red hidrográfica de corrientes que vierten sus aguas directamente del río Usumacinta o de algunos de sus afluentes al mar, en un sector del Golfo sur de México. En este estudio, la RBU inicia aproximadamente dos kilómetros río abajo de la desembocadura del río Chokoljáh "Chokoljá" sobre el río Usumacinta en el estado de Chiapas, zona limítrofe entre los Estados de Tabasco y Chiapas en México y el noroeste del país de Guatemala en el Parque Nacional Sierra del Lacandón. A poca distancia de la boca del Chokoljáh "Chokoljá" deja el río Usumacinta de ser límite internacional entre México y Guatemala.

Posteriormente 3 km aguas abajo franquea por el cañón de San José que demarca los estados de Tabasco y Chiapas y llega a la localidad de El Retiro. Aguas más abajo, aproximadamente a 28 km de trayecto del río, cruza el cañón llamado "Boca del Cerro", lugar donde el río Usumacinta irrumpe en la región fisiográfica denominada Planicie del Golfo de México, o adaptadamente

nombrada llanura tabasqueña; para después continuar su recorriendo irrigando el territorio hasta llegar a la ciudad de Tenosique de Pino Suárez (16 Km abajo de “Boca del Cerro”) la cual se sitúa en su margen derecha.

Continúa así el Usumacinta dirigiéndose hacia el Norte con su zigzag característico de un sistema de río meándrico, cuya actividad de sus corrientes es la tendencia a seguir un camino serpentiforme, influenciado principalmente en su recorrido por lugares con materiales duros (afloramientos rocosos) u otros materiales resistentes a lo largo de las orillas de su corriente. También influyen las corrientes laterales principales de sus tributarios (Chacamax, el Potrero, San Pedro, este último el más caudaloso de sus afluentes procedente del Petén guatemalteco), cuya tendencia es producir un efecto de desvío; igualmente incide la disminución del gradiente, donde su fuerza de corte disminuye y por ende se reduce la corriente (dejando y conformando islotes y meandros, algunos de estos meandros son activos y otros abandonados), haciendo que trascurra más lentamente siguiendo los pequeños e irregulares declives del terreno.

Más adelante se interna al municipio de Balancán, donde recoge las aguas del río San Pedro Mártir. Una vez pasada la confluencia del San Pedro, el Usumacinta continúa serpenteándose a través de la Llanura mixta (aluvial y lacustre), de menor gradiente y sin ondulaciones, recibiendo del lado izquierdo arroyos tributarios como “Conjá” y “Pocvicuc”, los cuales son desagüe de las lagunas pantanosas de “San José” y “Taxistal”. A partir de ahí viene a aumentar su caudal el río Chacamax, que llega por su margen izquierda desde las sierras Chiapanecas de Palenque.

Tras recibir a los ríos Chacamax y el Potrero, el río cruza los municipios tabasqueños de Emiliano Zapata y Jonuta, y en este último, se divide en tres brazos, el primero es el río Palizada, río que se desliga del Usumacinta antes de llegar a la ciudad de Jonuta para ir a desembocar a la laguna de Términos; luego el río San Pedro y San Pablo se separa en los Pantanos de Centla para desembocar en el Golfo de México en la “barra de San Pedro”; y finalmente el brazo principal, el Usumacinta continúa su curso al noroeste con un caudal estimado de 1700 m³/s hasta que se divide nuevamente en el brazo principal y el río San Pedrito. Cabe resaltar que los Pantanos de Centla son una reserva de la biósfera de 302 702 hectáreas que conforma el humedal más extenso de América del Norte y uno de los 15 más importantes del mundo (TNC 1998).

En la cuenca baja (a partir del cañón de Boca del Cerro), se destacan los humedales ubicados en los municipios de Catazajá, La Libertad, Palenque y Ocosingo en Chiapas, y Emiliano Zapata en Tabasco, donde se lleva a cabo en escala considerable la pesca de autoconsumo y para el comercio local. Río abajo de la unión del Usumacinta con el Grijalva se encuentran los Pantanos de Centla en el Estado de Tabasco. Este sitio, declarado como Reserva de la Biosfera, alberga la comunidad más importante de vegetación acuática para Mesoamérica (INE 2000a, Carreón – Arroyo 2003) y depende de los aportes del río. Es uno de los sitios más importantes en México para aves residentes y migratorias (CSF, 2007).

El aporte de las aguas, tanto del río Usumacinta como del Grijalva a esta gran cuenca de sedimentación, de la Llanura o Planicie Mixta (fluvio-lacustre / Palustre / fluvio marina), determina que se conforme dos de las regiones ecológicas más anegadizas del país; las cuales configuran una enmarañada red de canales y brazos que se comunican entre sí, conformando su particular red hidrográfica de ciénagas, lagunas, pantanos y otras que conforman, un sistema complejo interior de ríos meándricos, sistemas lagunares, marismas, albuferas, estuario en sus partes más bajas y litoral - marino hacia sus desembocaduras en el golfo de México.

En este sentido los aportes constantes proporcionados por sus dos principales ríos que llegan a estos sistemas, así como sus etapas de desbordamiento y sus períodos de inundación; imprimen características muy particulares y de gran importancia desde del tipo de vista funcional, ecológico y dinámico a estos sistemas.

4.5. Relieve

El relieve está condicionado principalmente por las complejas interacciones de las placas tectónicas y por las características litológicas. El territorio mexicano casi en su totalidad se encuentra sobre la gran placa de Norteamérica, la cual se desplaza hacia el Suroeste. Colindantemente a esta se presentan otras placas en contacto que se mueven en diferentes direcciones y a distintas velocidades como son: la placa del Caribe que avanza hacia el Este y la del Pacífico oriental que se desplaza hacia el Noroeste, la de Cocos frente a las costas del Sur, siguiendo un rumbo Noreste. Por lo tanto, las complejas interacciones que se presentan entre estas placas principalmente, son las que han determinado la orografía y la configuración del país.

Consecuentemente, al hablar de relieve estamos haciendo referencia a la configuración actual de la superficie terrestre; y ésta configuración es producto de la acción a través del tiempo de agentes exógenos (erosión y sedimentación) y procesos tectodinámicos endógenos (plegamiento, fallamiento, volcanismo, etc.). Así, el relieve es un componente importante en el estudio del análisis fisiográfico, principalmente en el análisis del subsistema físico biótico, ya que permite diferenciar de manera categórica los diferentes tipos de paisajes que componen la RBU.

4.5.1. Aspectos del Relieve

En este apartado nos limitaremos únicamente al aspecto del relieve en lo que respecta a las pendientes y la altitud. Los siguientes mapas digitales se presentan de acuerdo a las clases de pendientes en porcentaje (%) *cuadro 4* y la altitud en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), los cuales son esenciales en el proceso metodológico llevado a cabo en éste estudio (*ver figura 6*); y necesario para la interpretación de imágenes y la clasificación de las unidades geomorfológicas y fisiográficas (éstas últimas presentadas más adelante en el análisis fisiográfico). En este sentido, la altitud (*figura 5*) es un aspecto importante para la conformación y el análisis metodológico de las unidades geomorfológicas, fisiográficas y climáticas propuestas y mostradas.

En relación a los aspectos del relieve y su distribución se logró a partir de los datos obtenidos de las imágenes ASTER¹¹, de los cuales se elaboró el Modelo de Elevación Digital (DEM de 30m) *ver Figura 10*; y a partir del DEM generado, se construyó el mapa de pendientes (*Figura 11*), el cual se estableció y clasificó en porcentajes de pendiente. Asimismo del Modelo de Elevación Digital reclasificado, se generó el mapa de altitud (*Figura 12*) en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Pendiente (%)	Relieve
0-3	Plano
3-7	Ligeramente plano
7-12	Ligeramente inclinado
12-25	Fuertemente ondulado
25-50	Fuertemente quebrado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpa

Cuadro 4. Rangos de pendiente e identificación del relieve. Fuente: *Manual de atributos de los levantamientos de recursos de las tierras Subdirección de Agrología. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC, Colombia 2002.*

¹¹ ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)

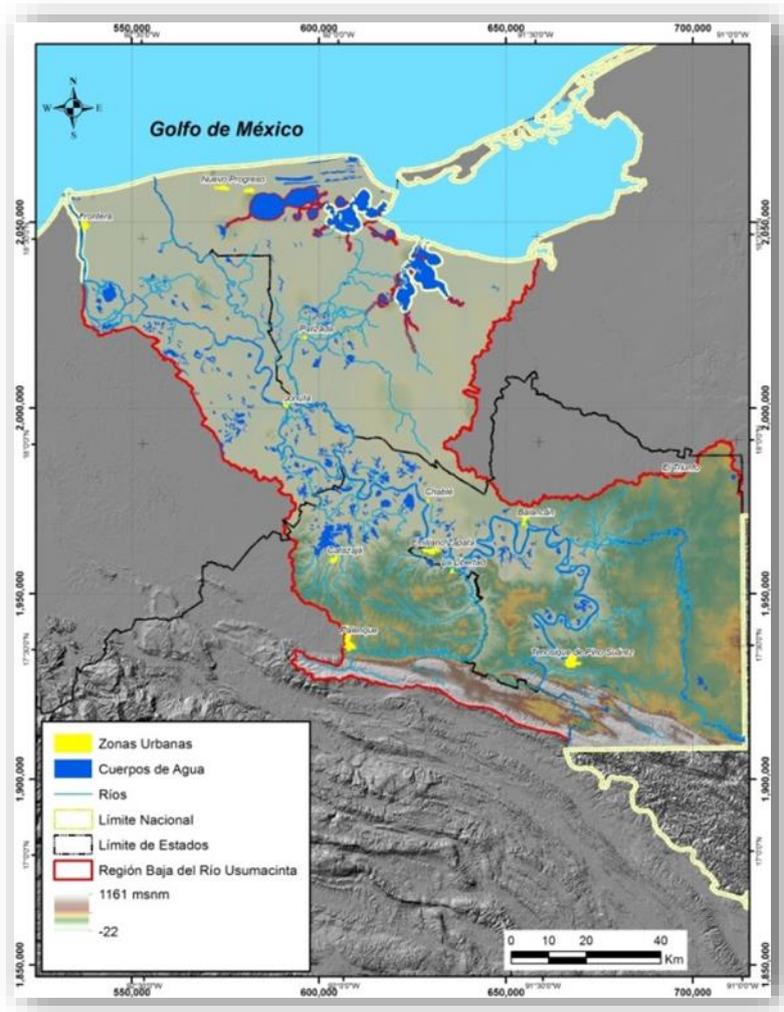


Figura 10. Modelo de Elevación Digital (DEM a 30m)

En el caso de las pendientes, se generó y clasificó el mapa de pendientes (*Figura 11*) en rangos de acuerdo al porcentaje (%), donde se seleccionaron un número de rangos según tipos de pendiente, y se clasificaron en clases de pendientes (*cuadro 4*) menores a 1% (A nivel o planas) y ligeramente planas con pendientes entre 1–3%; estas dos clases de pendientes son las que representan y caracterizan la mayor parte de la RBU, correspondiendo en gran medida a las pendiente que presenta la Llanura o Planicie Mixta (*Marina, fluvio-marina, fluvio-lacustre*), relacionadas con las denominadas provincias fisiográficas de la Llanura del Golfo de México y en menor proporción a la provincia fisiográficas de la Península de Yucatán.

La otra parte de la región que representa estas dos provincias fisiográficas, también se caracterizan por presentar pendientes desde ligeramente inclinadas (3–7%) a moderadamente inclinadas con pendientes (7–12%), muy características del relieve colinado presente en ellas (o también denominado lomerío); donde además, permitió separar y representar el sistema de lomerío en lomas bajas por su altura en metros (alturas relativas menores de 100 metros con respecto a su nivel de base) y lomas medias con alturas entre 100 y 200 metros (de altura con respecto a su nivel de base).

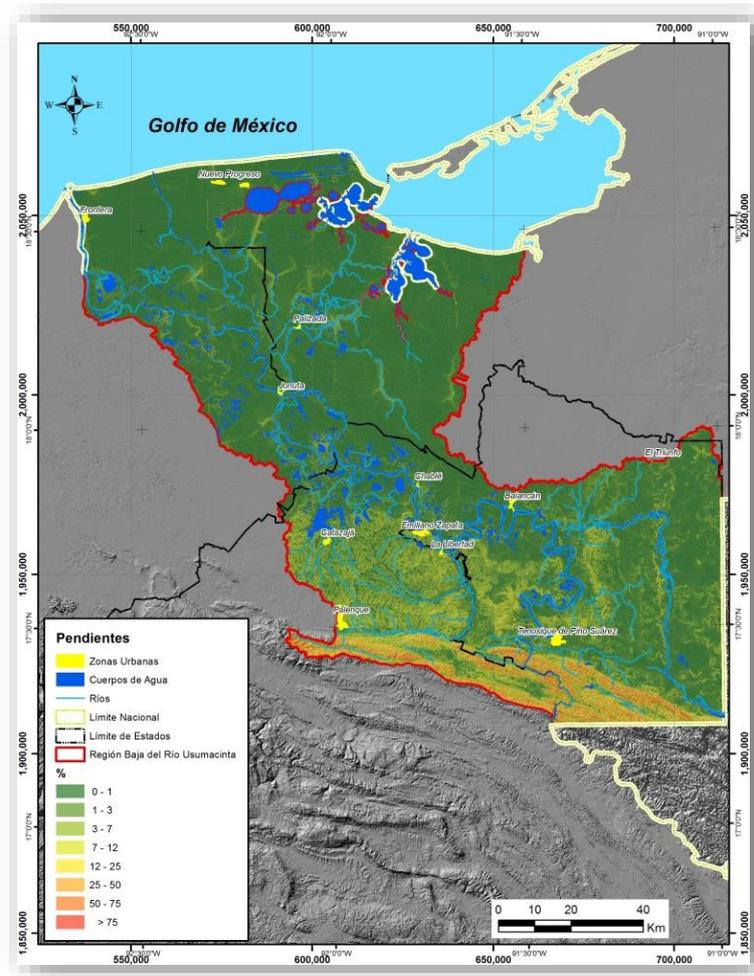


Figura 11. Mapa de Pendientes (Rango en %)

En el caso de la altura (m) y la altitud ($m.s.n.m.$) figura 12, nos permitió entre otros aspectos separar geomorfológicamente en la región, la Llanura o Planicie mixta de los paisajes de relieve colinado (lomeríos) y estos a su vez, de los paisajes fisiográficos de relieve montañoso (cuadro 5). De esta forma, al contar con esta información (necesaria) y al establecer como nivel de referencia un desnivel de 300 metros de altura; nos permitió definir en primer lugar, el sistema montañoso, el cual se determinó como aquella elevación natural del terreno de diferente origen y composición con más de 300 metros de altura (respecto a su nivel base de referencia). En segundo lugar, se definió como relieve colinado (lomerío) toda elevación natural del terreno con menos 300 m ; es decir, aquellas elevaciones naturales del terreno menores a una montaña ($<$ de 300 metros de altura).

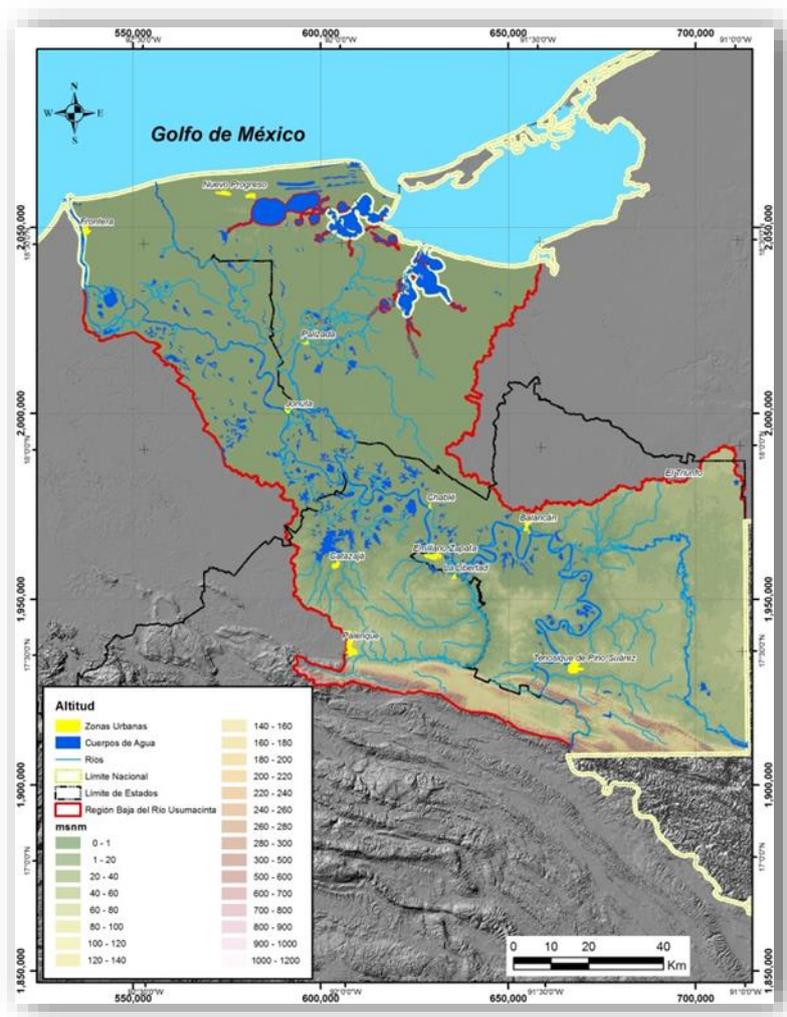


Figura 12. Mapa de Altitud en m.s.n.m.

Igualmente la RBU en su parte sur, está conformada por la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, la cual se caracteriza por presentar relieve montañoso de origen sedimentario, con pendientes que van desde fuertemente inclinadas (12–25%) hasta fuertemente escarpadas (> 75%). También emerge en esta provincia el relieve colinado de diferente origen (lomeríos conformados por lomas con alturas relativas bajas y medias. Cuadro 5), de pendientes desde ligeramente inclinadas (3–7%) y moderadamente inclinadas (7–12%) hasta ligera y moderadamente escarpadas (25–50–75%).

Paisaje Fisiográfico	Elevación en metros (m)	Tipo de paisaje / clase por altura relativa (m)
Relieve Montañoso	Mayor de 300	
Relieve Colinado (Lomerío)	< 300 y > 200	Lomas o Colinas altas
	< 200 y > 100	Lomas o Colinas medias
	< 100	Lomas o Colinas Bajas

Cuadro 5. Rangos de elevación del terreno (altura relativa en metros)

Así, topográficamente la mayor parte de la zona de la RBU se encuentra sobre la Llanura o Planicie mixta (Llanura del Golfo de México), situada por debajo de los 50 *m.s.n.m.*, a excepción de una porción del relieve colinado erosional (lomerío) constituido por una serie de lomas ubicadas en las estribaciones del relieve montañoso las cuales presentan altitudes inferiores a los 200 *m.s.n.m.* Otros elevaciones, son las asociadas a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, las cuales llegan a constituir en esta RBU relieves con altitudes hasta los 1200 *m.s.n.m.* Estas características junto a la influencia climática planetaria y local, definen esta región como típicamente cálida (con temperaturas promedio, por encima de 25°C). De la misma manera, las condiciones de humedad definen variaciones de tipo regional, variando entre húmedo y seco. Salvo en una porción de la parte más elevada de la RBU, que se encuentra entre los 800 y 1200 *m.s.n.m.*, perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, región montañosa que presenta condiciones semicálidas y muy húmedas.

4.6. Geología

La geología se concentra en la roca (estructura, composición...), su génesis (origen) y su disposición adquirida tras su formación en procesos presentes y pasados (evolución). Existen además formaciones superficiales denominadas depósitos superficiales que ocultan o cubren los materiales rocosos, es decir el afloramiento de estos. Pueden tratarse de suelos y de materiales in situ o procedentes de las múltiples y complejas transformaciones que sufren al contacto con la atmósfera, hidrósfera y la biósfera, o de recubrimientos (materiales alóctonos) producto de aportaciones de diferente origen (aluviones, coluviones, loess, material piroclásticos, arenas eólicas, limos, arcillas...).

4.6.1. Breve historia geológica regional¹²

En la región que comprende los Estados de Chiapas y Tabasco 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 (Oaxaca y Chiapas), en donde las rocas cristalinas de estas Eras forman un complejo batolítico y metamórfico que constituye el núcleo de la Sierra de Soconusco.

En el extremo sureste de la Sierra de Soconusco aflora una secuencia sedimentaria del Paleozoico Superior que ha sido reconocida en el área de Chicomuselo (Hernández - García, 1973) y que se extiende hasta Guatemala. La base de esta secuencia está integrada por la Formación Santa Rosa que cuenta con un miembro inferior constituido de una secuencia de pizarras con algunas intercalaciones de metacuarcitas; el miembro superior está formado por pizarras, areniscas y algunas capas de caliza fosilífera. La formación se encuentra parcialmente metamorfizada y le han asignado una edad que corresponde al intervalo Misisipico - Pensilvánico (360 - 300 millones de años), con base en la fauna fósil que reporta Hernández García (1973).

Una secuencia de lutitas y calizas de la Formación Grupere que contiene fusulínidos del Pérmico Inferior descansa en discordancia sobre la Formación Santa Rosa (Gutiérrez, 1966). A

¹² MORÁN ZENTENO, Dante J. *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.*

esta formación sobreyace la Caliza Vainilla que contiene crinoides, braquiópodos y diversas especies de fusulínidos, la cual cubre en discordancia la Formación Paso Hondo, que está compuesta por calizas masivas con fusulínidos del Pérmico Medio y base del Pérmico Superior (Gutiérrez, 1956). En gran parte del borde nororiental de la Sierra de Soconusco aflora una importante secuencia continental formada por areniscas, conglomerados, limolitas y lutitas de color rojo, cuyos afloramientos alcanzan la zona del Istmo de Tehuantepec y aún el borde oriental del sector sur de la Sierra Madre Oriental. Esta secuencia ha sido denominada como Formación Todos Santos, y constituye la base del paquete Mesozoico que aflora principalmente en Chiapas. La mayor parte de los autores le han asignado a esta formación un intervalo estratigráfico que varía del Triásico al Jurásico (Mullerried, 1957; Gutiérrez, 1956; Castro, et al., 1975; López Ramos, 1979).

Viniegra (1971), ha interpretado la existencia durante el Oxfordiano (Jurásico Superior), de una cuenca salina que ocupaba gran parte de la actual Sierra de Chiapas, la Llanura Costera del Golfo Sur y la Plataforma continental de Tabasco (*figura 13*). Estos depósitos salinos jugaron un papel muy importante en la deformación de la secuencia Mesozoica posterior y en el desarrollo de trampas petroleras. Actualmente estos cuerpos de sal forman dos grandes levantamientos a los que Viniegra (1981) denominó Domo de Campeche y Domo de Jalpa (*figura 13*). En las zonas petroleras de Tabasco y Campeche, PEMEX ha perforado secuencias del Jurásico Superior, principalmente con facies de plataforma, de las que ha obtenido producción petrolera.

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 donde esta clase de sedimentos son importantes productores de hidrocarburos.

En el área de Cintapalapa la secuencia Neocomiana (Cretácico Inferior) ha sido denominada Formación San Ricardo (Richard, 1963), y está compuesta de lutitas, areniscas rojas, intercalaciones de caliza, dolomitas y algunos horizontes de yeso. El intervalo Barremiano-Aptiano parece estar ausente en las inmediaciones de la Sierra de Soconusco ya que no han sido identificadas las rocas de estas edades, lo cual causa una discordancia entre las unidades inferiores del Neocomiano y la secuencia del Albiano-Cenomaniano (discordancia entre el cretácico inferior y superior). Según Castro *et. al.* (1975), esta discordancia se acentúa hacia el oeste con la desaparición de las unidades correspondientes al Cretácico Inferior y Jurásico Superior, debido a una probable etapa de erosión desarrollada al finalizar el Aptiano.



Figura 13. La Gran Cuenca Salina de Campeche durante el Caloviano Oxfordiano ¹³.

Al intervalo Albiano-Cenomaniano corresponden los depósitos de caliza que afloran ampliamente en la banda central del Estado de Chiapas, y revelan ambientes de banco de aguas someras. Estas secuencias del Cretácico Inferior que afloran ampliamente en Chiapas se perdieron debajo de los depósitos terciarios en el área de Tabasco y Campeche.

En la parte Central de Chiapas afloran cuantiosos sedimentos calcáreos del Cretácico Superior, que muestran facies de banco de calizas periarrecifales y fragmentos de rudistas (Castro *et al.*, *op cit.*). En el área de Reforma fueron expuestas y erosionadas las orillas del gran Banco Calcáreo durante el Cretácico Superior, por lo que algunos pozos de Petróleos Mexicanos de esta área se encontró sobreyaciendo el Paleoceno sobre los sedimentos de Albiano-Cenomaniano (Viniestra, 1981). En los pozos marinos no se ha podido reconocer la existencia del Cretácico Superior debido a la Dolomitización que ha afectado la secuencia mesozoica en esta porción de la plataforma marina (Viniestra, *op. Cit.*).

Durante el Terciario se inicia, la gran parte de Chiapas y Tabasco, 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. En el subsuelo de la Llanura Costera del Golfo se desarrollaron dos cuencas Terciarias (Comalcalco y Macuspana) separadas por un alto, formado por el "Horst de Villahermosa" resultado del fallamiento normal de la nariz del Anticlinorio de Chiapas. Este Anticlinorio está seccionado por falla normal al pie de la Sierra, lo que ha ocasionado su hundimiento en la Llanura Costera del Golfo de México.

¹³ Era Mesozoica del Periodo Jurásico Medio durante el Caloviano y el Jurásico Superior del Oxfordiano.

En la región que comprende la Península de Yucatán, en su mayor parte aflora una secuencia cenozoica, principalmente calcárea, que no presenta deformaciones significativas y está formada por capas que conservan una actitud horizontal.

Tanto la secuencia cretácica que se encuentra en el subsuelo, como la secuencia cenozoica, no presentan mayores perturbaciones estructurales ya que sobreyace a una masa cristalina que ha permanecido estable desde el Paleozoico.

La secuencia Cretácica reconocida en las perforaciones de Petróleos Mexicanos está constituida principalmente por anhidritas, calizas, dolomitas en intercalaciones de bentonitas y algunos materiales piroclásticos, sobre todo hacia la base que se encuentra formada las Evaporitas de Yucatán (López Ramos, 1979). Todos los sedimentos del cretácico que se han encontrado en las perforaciones de PEMEX pertenecen a la parte media superior de este periodo.

Durante la segunda mitad del Cretácico y gran parte del Cenozoico, la península de Yucatán y su plataforma marina constituyeron un banco calcáreo en su forma de alto fondo marino, que se extendía hasta Chiapas y el sur de Veracruz, con el desarrollo de un borde que ha sido el principal objetivo petrolero en Tabasco y la Plataforma marina de Campeche.

Los depósitos cenozoicos de la península de Yucatán están representados principalmente por secuencias calcáreas y dolomíticas con intercalaciones de evaporitas. Butterlin y Bonet (1963) han reconocido una columna que varía desde el Paleoceno hasta el Cuaternario. Esta columna incluye, en orden ascendente las formaciones Chichén Itzá e Icaiche del Paleoceno-Eoceno; las Formaciones Bacalar; Estero Franco y Carrillo Puerto del Mioceno Superior, Plioceno y las calizas con moluscos del Pleistoceno-Holoceno. La Distribución en superficie de las unidades del Cenozoico muestra claramente una retirada gradual de los mares hacia la línea de costa actual y es sólo en el Eoceno cuando los mares trasgreden y cubren casi por completo la Península de Yucatán (Buterlin y Bonet *op. Cit.*).

4.6.1.1. *Periodo Tectónico de compresión*¹⁴

Un evento de vital importancia, en el marco tectónico-estructural que inicio en el Cretácico Tardío, fue el cambio que sufrieron las márgenes pasivas al convertirse en activas en el sur de México, debido a un cambio en el ángulo de subducción de las placas en la dirección del movimientos de la margen del Pacífico, dando como resultado los primeros efectos compresivos en el área. Se cree que la margen del Pacífico, estaba bordeada por un gran número de micro placas móviles e independientes (Sedlock et. al., 1993) y una de ellas conocida como el bloque de Chortis, colisionó con el bloque de Chiapas, dando como resultado el primer cabalgamiento y levantamiento del Macizo de Chiapas (Carfantan, 1981). El levantamiento tectónico provoco el descenso del nivel del mar ocasionando que en las zonas expuestas ocurriera una fuerte erosión de las plataformas previamente desarrolladas, con lo que se originó Karstificación, brechamiento y colapso gravitacional en varios sectores de las plataformas.

Otro evento importante que se postula que ocurrió en el límite del Cretácico Tardío y el Paleoceno fue el evento del Chicxulub; un cuerpo extraterrestre que impacto el norte de la plataforma carbonatada de Yucatán, que se le considera responsable de la extinción masiva de muchos organismos, entre los cuales estaban los dinosaurios y amonitas (Álvarez et al., 1992). Al impacto del Chicxulub también se le relaciona con el depósito masivo de brechas sedimentarias en

¹⁴ http://132.248.9.195/ptd2010/abril/0656419/0656419_A5.pdf. Capítulo 2. Marco Geológico Regional. Pág. 15-16-17-18-19

gran parte del sureste de México, principalmente en las provincias de Akal donde llegan a medir hasta 700 m de espesor.

En este documento considera el autor (*Capítulo 2. Marco Geológico Regional. Pág. 19, op. Cit.*), que el Golfo de México durante el inicio de la Era Cenozoica, Terciario Paleógeno – Paleoceno puede quedar dividido en cuatro principales provincias tectono-estratigráficas, de las cuales a continuación se hará mención, solamente a dos de ellas por su influencia regional en el área de la RBU:

- ❖ (2) *Occidente y Sur del Golfo de México*, afectadas por la Orogenia Laramide y el movimiento del bloque de Chortis, respectivamente.
- ❖ (3) Plataformas carbonatadas del este y sureste del Golfo de México.

Occidente y Sur del Golfo de México (2)

Los sedimentos depositados durante el Mesozoico en el occidente del Golfo de México quedaron fuertemente afectados por un efecto compresivo, debido a un cambio en la geometría y dirección de las placas a lo largo de la margen del Pacífico. Esto fue el resultado de la subducción de la Placa de Farallón por debajo de la placa de Norteamérica, en la que el fragmento de corteza oceánica que subdujo con un ángulo muy bajo, causando una deformación a una distancia mayor de la zona de trinchera, elevando una porción considerable en el este de México. Este levantamiento dio lugar a la formación de la Sierra Madre Oriental, en lo que se conoce como el evento de la Orogenia Laramide. El plegamiento y fallamiento compresivo dio lugar al levantamiento de los cuerpos estratificados del Mesozoico, que al quedar expuestos al intemperismo y la erosión crearon una gran fuente de aporte de sedimentos hacia el interior de la cuenca del Golfo de México (Weidie et al., 1972; Sohl et al., 1991; Salvador, 1991c).

Así mismo durante todo el Paleógeno, para el sur de México, el Bloque de Chortis migra progresivamente al Este a lo largo del lado sur del Macizo de Chiapas y Guatemala continuando el empuje y levantamiento del Macizo de Chiapas (*Figura 14*), con una compresión incipiente y estimulando el desarrollo de antefosas. Con el levantamiento del Macizo de Chiapas se erosiona la cubierta sedimentaria exponiéndose el basamento cristalino y parte de la secuencias sedimentaria depositada durante el Mesozoico. La erosión desarrollada abastece de abundantes arenas, arcillas y brechas, siendo muy importantes y de potentes espesores los depósitos de turbiditas acumuladas en aguas profundas a consecuencia del aporte de sedimentos del basamento emergido.

La influencia del bloque de Chortis en la evolución tectónica del Sur de México ha jugado un papel muy importante en la generación de levantamientos, pliegues y fallas en rocas carbonatadas del Mesozoico y del basamento, el cual ha sido la fuente principal de terrígenos que se han depositado en gruesos espesores en las cuencas del Sureste de México.

Plataformas carbonatadas del este y sureste del Golfo de México (3).

Con lo que respecta para las plataformas de Yucatán y Florida durante el Paleoceno, fueron caracterizadas por una constante pero baja tasa de sedimentación de carbonatos y evaporitas, alcanzando espesores de hasta 2000 m durante el Cenozoico, con una tectónica estable de baja subsidencia.

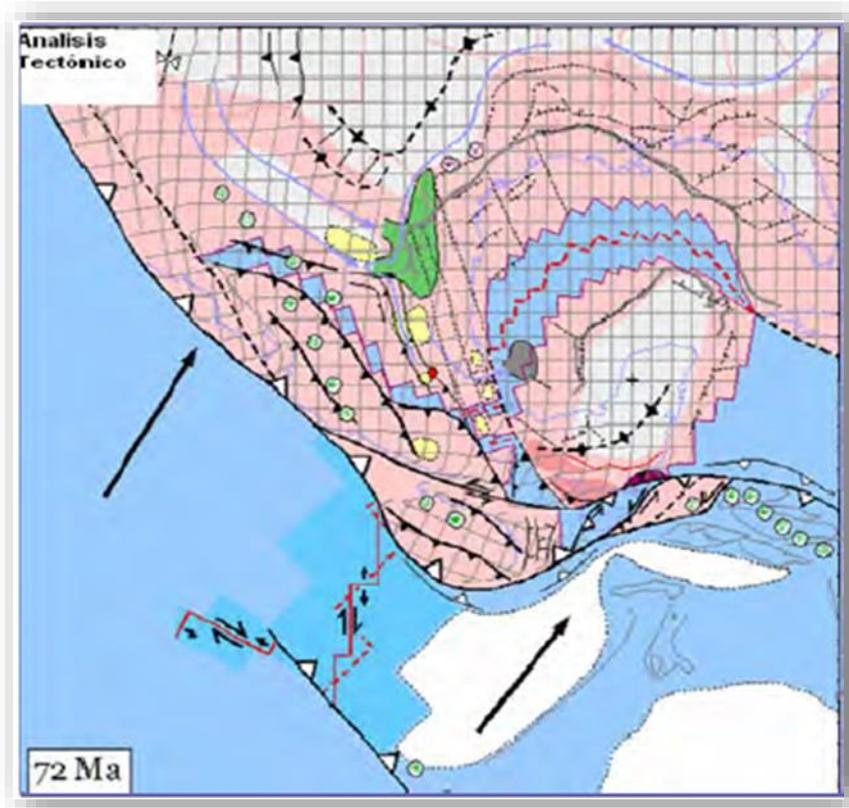


Figura 14. Colisión del Bloque de Chortis sobre la margen del Pacífico durante el Cretácico Superior – Paleógeno (Pindell, 2002)

Durante el Periodo Tectónico Terciario Paleógeno Eoceno y debido al gran aporte sedimentario al interior de la cuenca, la sal y la arcilla de la parte meridional del Golfo de México, empezó a moverse formando una topografía en el piso oceánico con diapirios, lenguas, canopies y “salt rollers”.

Del mismo modo, para finales del Eoceno el arco submarino que se instaló entre Norteamérica y Sudamérica, formando las Antillas Mayores, cambió su polaridad chocando contra Florida; colisión que tuvo lugar al final de la Orogenia Laramide (Dickinson, 1980 y Coney, 1983, en Quezada 1990). Este evento da origen a la placa del Caribe, la cual se considera como un elemento tectónico que al interactuar con la placa Norteamérica imprime una rotación en sentido contrario al de las manecillas del reloj al Bloque de Chortis, el cual sigue migrando progresivamente al Este a lo largo del lado Sur del macizo de Chiapas y Guatemala.

Un evento importante durante el Oligoceno fue la migración que tuvieron los distintos depocentros, desplazándose hacia el Este, en dirección al centro de la cuenca. Esta migración se cree que fue causada por la influencia del levantamiento tectónico de la cuenca de drenaje del Mississippi y Río Bravo, con el consecuente descenso del nivel del mar; ocasionando una regresión regional y provocando el desarrollo de deltas en las márgenes continentales hacia el interior de la cuenca del Golfo de México (Galloway, 1989).

Fue Durante el Mioceno Medio, que el bloque de Chortis empujó con mayor fuerza la Sierra de Chiapas causando su máxima etapa de deformación plegando y cabalgando las rocas de la cadena de Chiapas-Reforma-Akal, con un basculamiento hacia el Norte, como consecuencia del movimiento sobre la superficie de despegue sobre evaporitas del Jurásico Medio (Calloviano). Esta zona de fallamiento y plegamiento compresional con tendencias NW-SE, se extiende desde la Sierra

de Chiapas, Noreste del área de Villahermosa hasta mar adentro en la Sonda de Campeche. Sánchez-Montes de Oca (1980) denominó a esta orogenia como “Evento Chiapaneco”. Durante este evento el Macizo de Chiapas también se acortó, por lo que García-Molina (1994) considera que existe otro nivel de despegue profundo dentro del bloque de basamento.

El efecto isostático del peso del Bloque de Chortis, inclinó hacia abajo y con dirección Suroeste a la margen continental, mientras que hacia el Norte en la región marina, este basculamiento solo provocó ligero levantamiento. La subducción en la margen del Pacífico y la colisión entre el Bloque de Chortis y el Sureste de México fue oblicua. Este movimiento se vio acompañado de una combinación de un cabalgamiento hacia el Noreste en la Sierra de Chiapas y fallamiento transcurrente a lo largo del borde Sur del Macizo de Chiapas, lo que ocasionó una reactivación magmática y rocas milonitizadas dentro del Macizo. Posteriormente a finales del Mioceno e inicio del Plioceno, después de la etapa compresiva del Evento Chiapaneco, inicio el desplazamiento de la cadena de Chiapas-Reforma-Akal con un basculamiento hacia el Norte debido al desalojo de la sal calloviana.

Durante el Plioceno-Pleistoceno en el sureste del Golfo de México, el Bloque de Chortis continuó su movimiento hacia el Este, alejándose cada vez más del Macizo de Chiapas. La carga isostática que flexiona hacia abajo la margen del Pacífico se vio disminuida, por lo que la margen emergió liberada del peso que la hundía (*Figura 15*); dando como resultado un gran levantamiento y erosión en la parte Sur del área de estudio, combinado con una gran subsidencia y aporte de sedimentos hacia la parte Norte, provocando una de las Fases principales de evacuación salina de canopies iniciados durante el Paleógeno.

Se interpreta que en el Este de México, la sedimentación al interior del Golfo de México quedó suspendida debido a que cesó el levantamiento del Bloque de Chiapas y por el poco movimiento tectónico de la Sierra Madre Oriental. Así mismo, continuó el desarrollo de las cuencas Terciarias del Sureste del Golfo de México. Finalmente la cuenca del Golfo de México quedó influenciada por las glaciaciones, caracterizadas por el depósito cíclico de sedimentos.

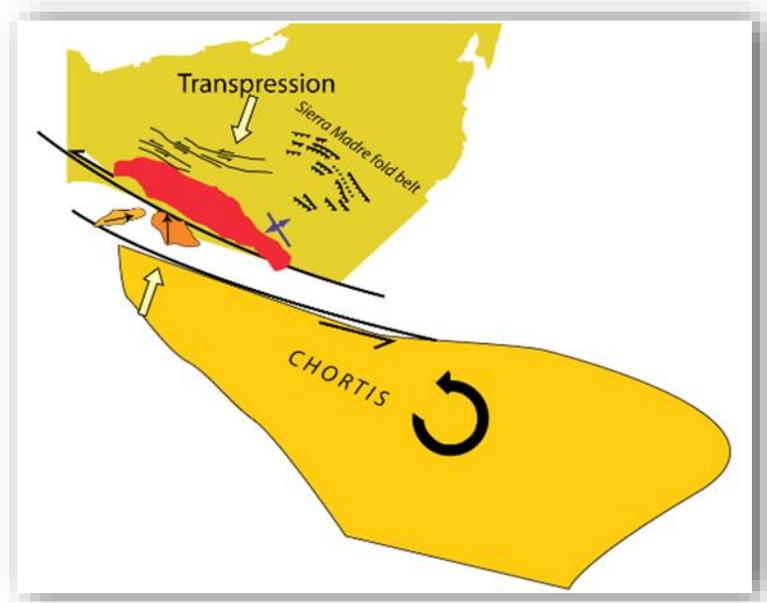


Figura 15. Desprendimiento del Bloque de Chortis y el levantamiento de la margen del Pacífico durante el Plioceno-Pleistoceno (<http://www.geociencias.unam.mx/paleomagnetismo/Proyectos.htm>)

4.6.2. Análisis y categorización geológica

Para el análisis geológico de la región se trabajó con base en la información tomada principalmente del mapa geológico digital del INEGI (Esc. 1:250.000). Es sobre estos datos que se realizó y estableció el análisis de jerarquización integrada, con base en las formaciones geológicas y los depósitos superficiales, y ajustados mediante el análisis e interpretación visual de imágenes de satélite y anaglifos, con algunas comprobaciones mediante recorridos en campo. Las categorías se dividieron según la formación y se registraron tres clases principales de rocas (sedimentarias – ígneas – metamórficas, para toda la región en el contexto geográfico de la RCRUM y están subdivididas de acuerdo a su origen, grado, composición,...)

Esta categorización se realizó desde un punto de vista Geomorfo-pedológico, donde las rocas a partir de las cuales se originan los suelos se han reagrupado ¹⁵ considerando aquellos aspectos que pudieran incidir marcadamente en las características y propiedades de los suelos (Villota, H., 2005).

4.6.2.1. Aspectos geológicos RBU

La RBU forma parte principalmente de la provincia fisiográfica de la Llanura o Planicie Mixta del Golfo de México, se encuentra constituida primordialmente por depósitos superficiales del Cuaternario (arcillas, limos, arenas...), de diferente origen y producto de la compleja dinámica que caracteriza esta Llanura Mixta, compuesta de materiales del cuaternario de carácter acumulativo poligenético (ambientes marinos, aluviales, lacustres, fluvio-marinos, fluvio-lacustres, fluvio-palustres); los cuales se han depositado sobre una plataforma de rocas calcáreas del terciario. De esta forma, el origen y aporte de estos materiales constituye un atributo del paisaje ya que son materiales transportados, depositados y decantados, producto de procesos agradacionales (ambiente depositacional) en la conformación de diferentes geoformas, en las cuales intervienen procesos geomorfológicos y las fuerzas o agentes responsables de los procesos y ambientes agradacionales, erosionales, disolucionales y estructurales (*figura 16*).

De acuerdo con Villota. 2005, el proceso de agradación comprende un conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados tanto por fuerzas de desplazamiento, como de agentes móviles como: el agua de escorrentía, las corrientes de deriva litoral y corrientes de marea (entre otros), los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la depositación de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves más elevados, ocasionada por ellos mismos.

Los ambientes morfogenéticos presentes en la región (*figura 16*), son producto tanto de fuerzas endógenas (orogenia – plegamiento – fragmentación...) en la construcción de los relieves montañosos y colinados estructurales, relieves montañosos y colinados disolucional; donde intervienen los procesos constructivos en el levantamiento de la Sierra Madre de Chiapas y los procesos degradacionales determinados por el desprendimiento y la escorrentía. También están presentes los procesos erosionales y disolucionales manifestados claramente en las provincias de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, la Península de Yucatán y sectores de la Llanura del Golfo de México.

Por su parte, las fuerzas exógenas intervienen en los procesos geomorfológicos constructivos en ambientes agradacionales/depositacionales, producto de los diversos agentes móviles que actúan en la escorrentía de las regiones altas (sobre los relieves montañosos y colinados estructurales /erosional, estructurales/disolucionales y erosionales), erosionando, transportando y depositando, los distintos materiales (depósitos superficiales) presentes en la formación de paisaje

¹⁵ Categorización y reagrupamiento de acuerdo con los aspectos geomorfopedológicos. Manual de atributos de los levantamientos de recursos de las tierras Subdirección de Agrología. IGAC, Colombia, 2002.

y en la conformación de gran parte de lo que actualmente es la Llanura o Planicie Mixta del Golfo de México.

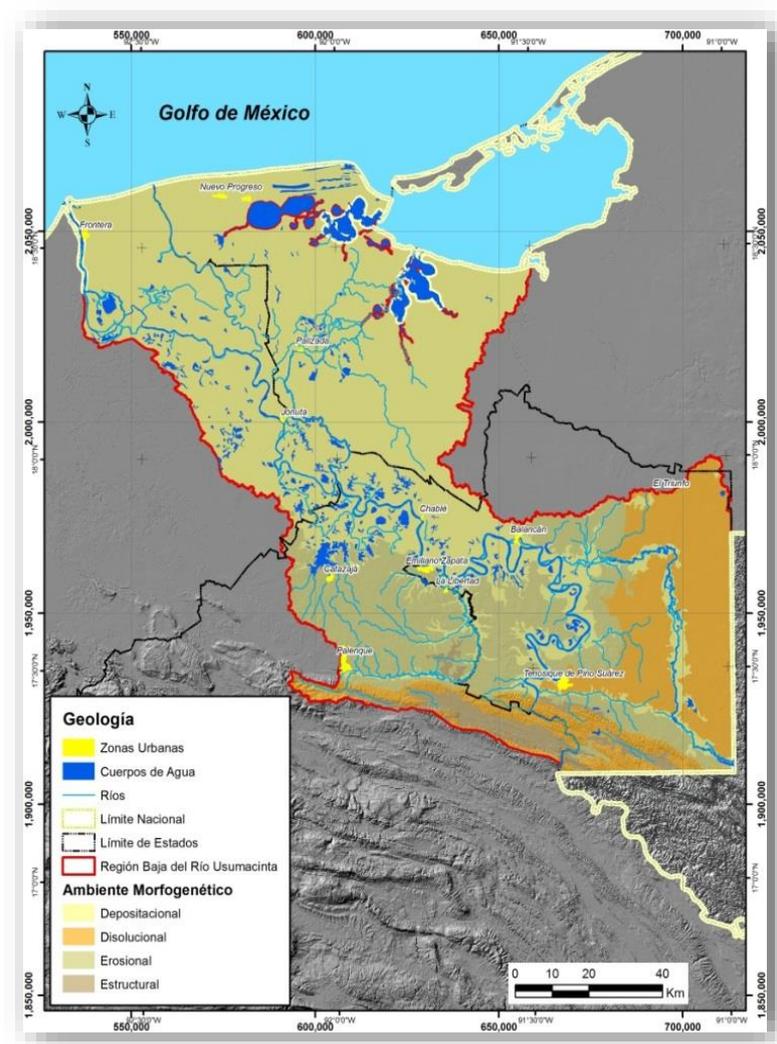


Figura 16. Mapa Ambiente morfogénico

En la RBU donde aflora una amplia secuencia del Cenozoico (Cuaternario y Terciario) y una parte del Mesozoico, está constituida fundamentalmente por rocas sedimentarias marinas con edades que van desde el Cretácico Superior y Terciario Inferior hasta el Cuaternario reciente (Figura 17), dando origen a estructuras y formaciones con condiciones particulares y especiales, donde las rocas aflorantes (calizas, areniscas, conglomerados y secuencias o intercalaciones de lutitas/areniscas; areniscas/conglomerados; calizas/lutitas...) y los depósitos superficiales conformados por sedimentos del Cuaternario de origen continental y marino. De acuerdo con Carfantan (1981), dichas estructuras y formaciones presentan variaciones laterales debidas a disposiciones propias del ambiente de formación y a las fuerzas compresivas y de tensión emanadas de la orogenia del Macizo de Chiapas en el Cretácico Superior.

Al localizarse la RBU en los estados de Tabasco, Chiapas y Campeche, un sector de esta, viene hacer parte de la llamada provincia petrolera del Sureste del país¹⁶; y en particular a una porción de

¹⁶ Provincia Petrolera Sureste (Salina del Istmo, Reforma-Akal y Macuspana. Definida por Pemex Exploración y Producción. Subdirección de Exploración. Versión 2.0, 2013.

la provincia de Macuspana (Figura 18). De esta manera, regionalmente la geología presente en el área de la RBU se encuentra inmersa y la conforman las zonas que son señaladas a continuación:

La Plataforma de Yucatán¹⁷, la Provincia de Macuspana y la Sierra de Chiapas.

Plataforma de Yucatán. Comprende a los estados de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Chiapas. Además se extiende costa afuera hacia la plataforma continental del Golfo de México y del Caribe. Está formada por una cubierta de rocas sedimentarias del Terciario, subyacida por anhidritas y calizas del Cretácico. Presenta poca deformación de plegamiento y fallas.

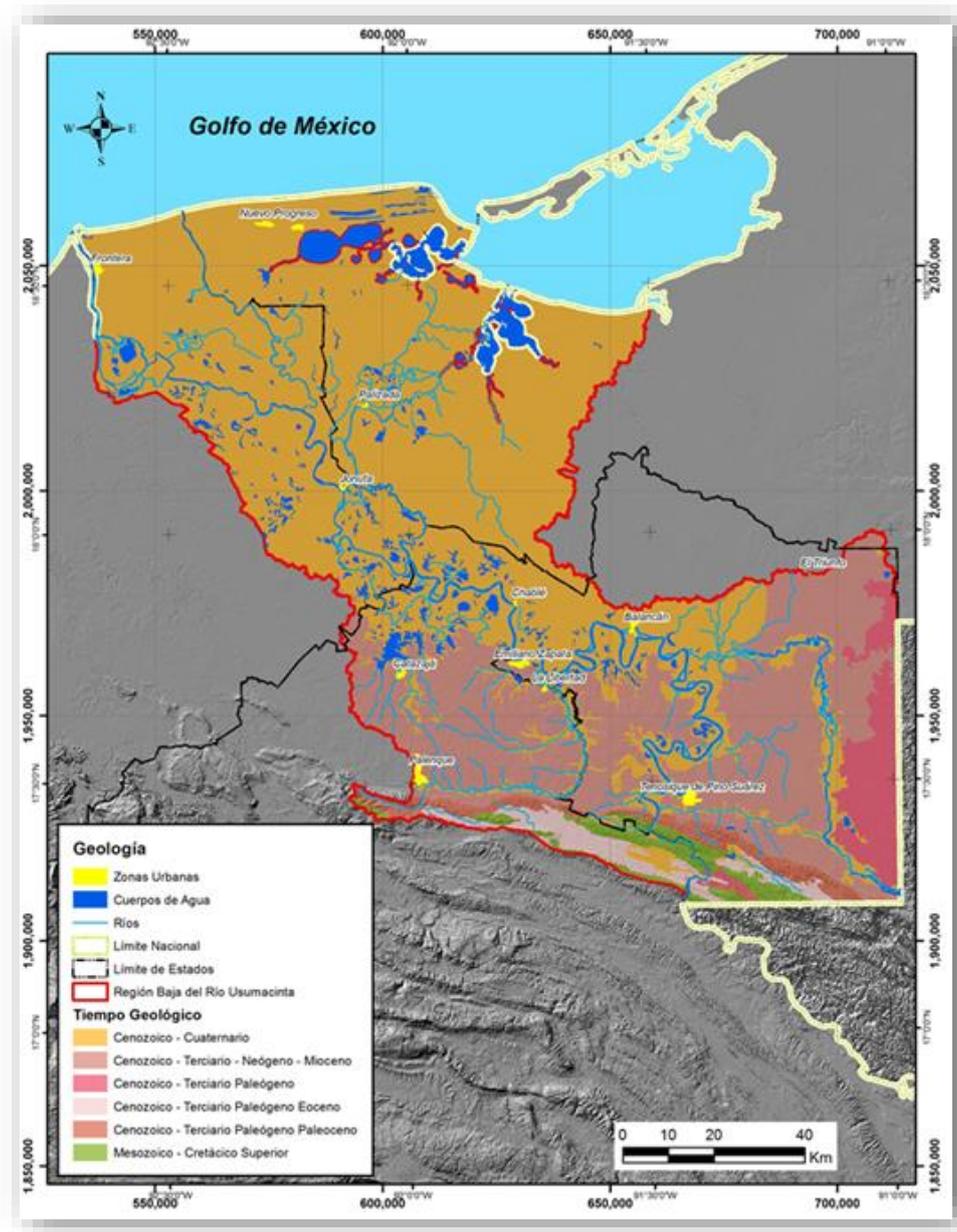


Figura 17. Tiempo Geológico. Mapa época de las rocas y formaciones superficiales

Macuspana. Ubicada en los estados de Tabasco y Campeche y se extiende hacia la plataforma continental del Golfo de México, orientada de noreste a suroeste. Está formada por

¹⁷ Incluyen parte de la Llanura del Golfo de México (ver figura 18a).

rocas sedimentarias terciarias, plegadas y falladas. Limita al noroeste con el Pilar Reforma - Akal, al este con la plataforma de Yucatán y al sur con el Cinturón Plegado de Chiapas (*figuras 18 y 18a*).

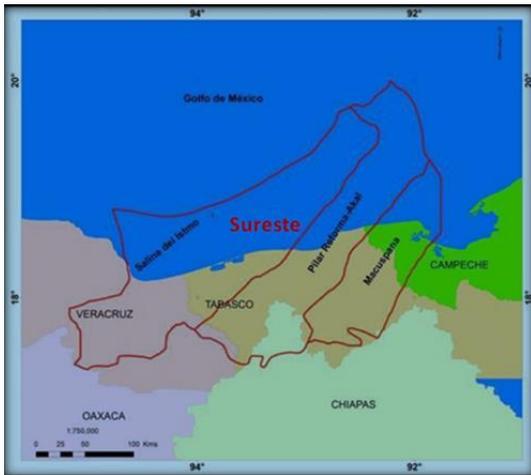


Figura 18. Ubicación de la Provincia Petrolera Sureste. Tomado de PEMEX. Exploración y Producción. Versión 2.0, 2013

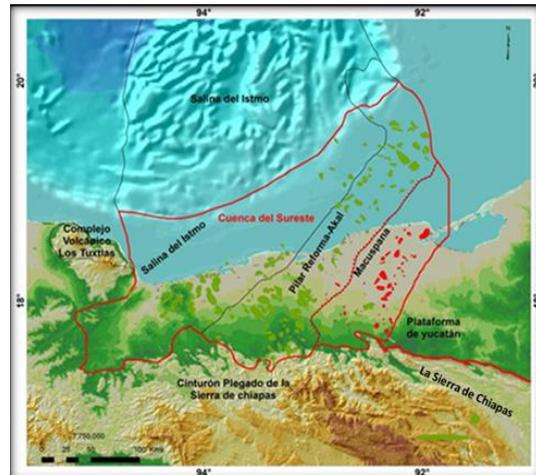


Figura 18a. Límites geológicos de la Provincia Petrolera Sureste. Tomado de PEMEX Exploración y Producción. Versión 2.0, 2013

La Sierra de Chiapas. Está localizada al sur de la Plataforma de Yucatán y consiste en cadenas montañosas que se extiende aproximadamente unos 280 km por el sur del Estado de Chiapas y Oaxaca, atravesando paralelamente la costa del pacífico hasta alcanzar la frontera con Guatemala. Se considera un elemento tectónico formado durante el Neógeno, y es el resultado del plegamiento y fallamiento (inverso y de corrimiento lateral) de rocas sedimentarias Jurásicas y Cretácicas sobre una superficie de despegue, relacionada con la subducción de las placas del Caribe y Norteamérica. Estos estilos estructurales se extendieron hacia el norte deformando también las secuencias sedimentarias de la zona marina de Campeche (Capítulo 2. Marco Geológico Regional. Pág. 19 *Op. Cit.*)

Respecto a la Llanura del Golfo de México de la RBU, ésta se localizada y se encuentra presente en zonas de La Plataforma de Yucatán y la Provincia petrolera del Sureste del país y corresponde a una zona de subsidencia tectónica (hundimiento) y de sedimentación reciente del cuaternario, con depósitos superficiales muy variados; limitada al Sur y Suroeste con la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala y al nor-noreste con la Península de Yucatán y el Golfo sur de México. A esta zona como ya se indicó, confluyen principalmente los sistemas hídricos del Usumacinta, San Pedro y el Grijalva, los cuales dentro de sus procesos dinámicos aportan gigantescos volúmenes de sedimentos, acompañados por cambios y migraciones laterales y longitudinales de numerosos cauces, arroyos, quebradas, canales (incluyendo el mar), y conjuntamente con los cuerpos de agua lenticos (lagos, lagunas y pantanos) conforman un entramado muy complejo.

Esta región de la Llanura está constituida principalmente por sedimentos consolidados y no consolidados de la Era del Cenozoico de los periodos Cuaternario (depósitos superficiales no consolidados) y del Terciario (material consolidado), originados en distintos ambientes, tanto de tipo aluvial, marino y lacustre; como de influencia de varios tipos como fluvio-marina (litoral-palustre) y fluvio-lacustre (*figura 19*), los cuales están asociados a grandes cuerpos de agua permanentes y a la aportación constante de sedimentos producto del desbordamiento e inundación sobre esta gran llanura o planicie de inundación.

Estas características estratigráficas contrastan con la formación de las rocas sedimentarias de areniscas del Terciarias Neógeno Mioceno, presentes en la Llanura del Golfo de México en su

zona sur- suroeste en inmediaciones de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala y en el lindero sur-suroccidental de la región con la península de Yucatán; las cuales están constituidas principalmente por rocas sedimentarias clásticas, conglomerados del Cuaternario y rocas sedimentarias clásticas de areniscas, conglomerados e intercalaciones de areniscas/conglomerados del Terciario Neógeno Mioceno (figura 20).

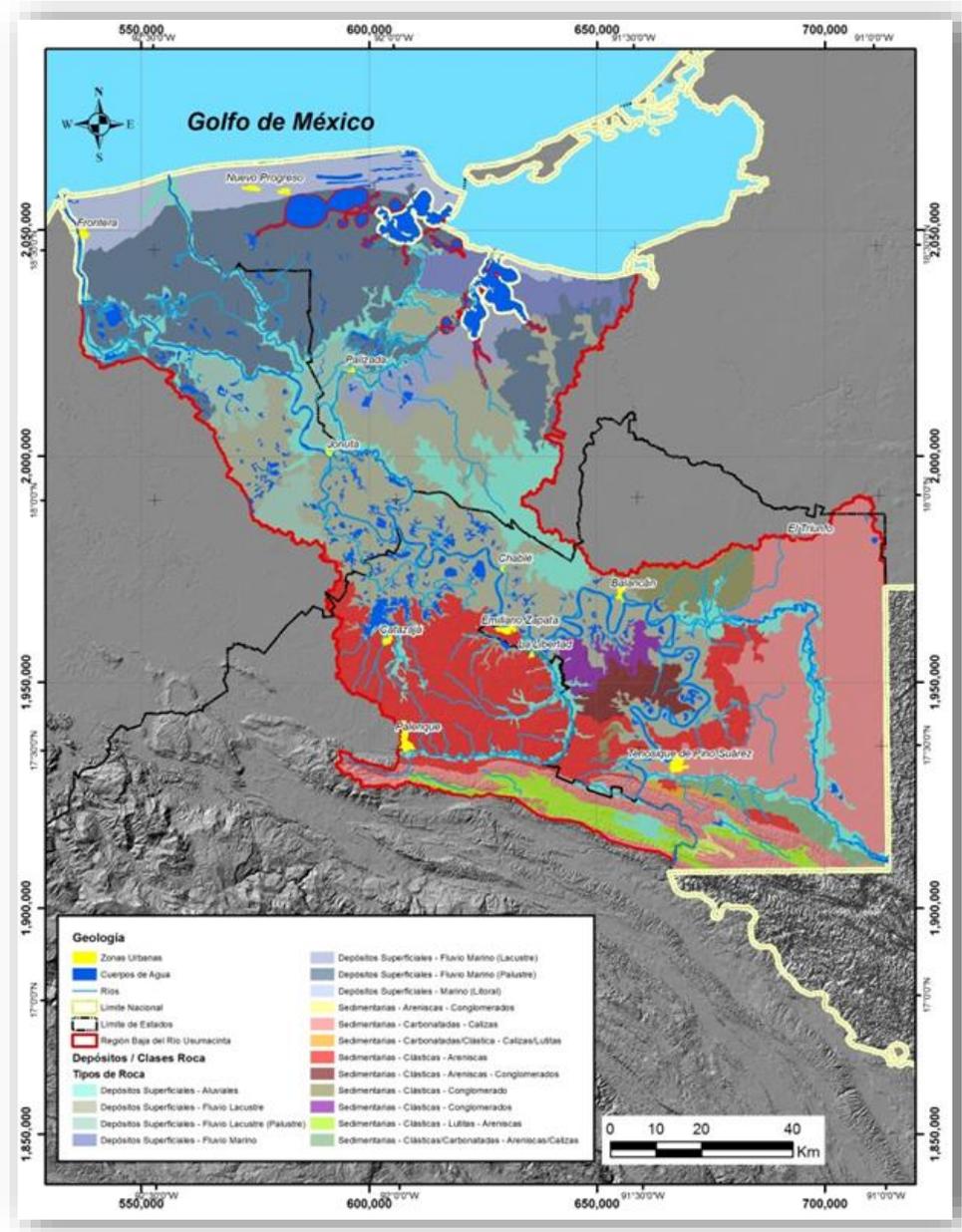


Figura 19. Geología. Clases - tipos de rocas / formaciones superficiales

La región de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala que rodea el sur y suroccidente de la RBU y de la cual hace parte, está representada por un sistema montañoso disolucional, montañoso y colinado estructural (plegado, fallado y fracturado) y disolucional. Sus montañas disolucionales están constituidas de rocas sedimentarias carbonatadas calizas, pertenecientes al Mesozoico Cretácico Superior y al Cenozoico Terciario Paleógeno Paleoceno; igualmente presenta relieves colinados disolucionales constituido por calizas del Terciario - Paleógeno (figura 20). También se presentan montañas y colinas estructurales erosionales, constituidas por secuencias de rocas

sedimentarias clásticas (lutitas/areniscas), del Terciario Paleógeno Eoceno e intercalaciones de rocas clásticas y carbonatadas de areniscas/calizas del Mioceno y calizas/lutitas del Paleoceno.

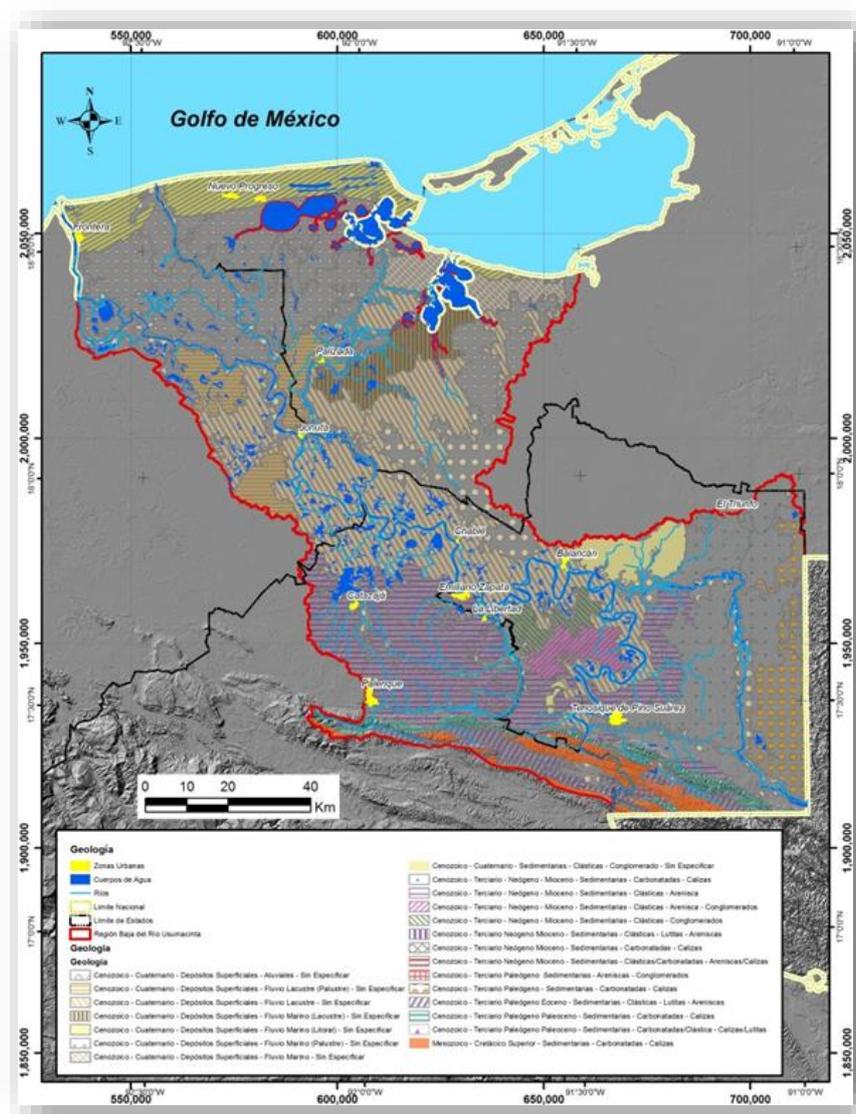


Figura 20. Geología. Mapa tipos de rocas y formaciones superficiales

Las zonas constituidas por rocas sedimentarias carbonatadas calizas (figura 20), corresponden a áreas calcáreas, las cuales poseen una topografía propia, producto de la disolución superficial y subsuperficial de las aguas lluvias, las que al concentrarse en escorrentía son llevadas hacia causas subterráneas (Thorbury, 1966). Según R. Coque, 1984, son formas que representan la particular sensibilidad que ciertas rocas sedimentarias muestran a la disolución que se traduce en la existencia de una gama de formas originales que constituyen un Karts¹⁸.

El extremo sur - suroriente de la RBU, pertenece esencialmente a la Península de Yucatán, se localiza en límites con el país de Guatemala (Petén guatemalteco) y al Suroccidente con la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala. Esta parte de la región de México que pertenece a la plataforma carbonatada de Yucatán y que surca el Río San Pedro, está representada por superficies alomadas constituidas por rocas sedimentarias carbonatadas Calizas (figura 20) del Cenozoico Terciario

¹⁸ Nombre de una región de Yugoslavia donde son notables estas formas del paisaje disolucional superficial y subsuperficial.

Paleógeno; igualmente se presentan campos de depresiones Kársticas del Terciario Neógeno Mioceno.

4.7. Fisiografía

La Fisiografía es la descripción de las formas del relieve de la naturaleza, clasifica las formas de los paisajes y las relaciona con aspectos geológicos, climáticos e hidrológicos. Según Villota, H. (1997), el análisis fisiográfico consiste en un método moderno para interpretar imágenes de la superficie terrestre, que se basa en la relación paisaje-suelo. Se asume aquí que "los suelos son perfiles tanto como paisajes", tal como afirma el Manual de Levantamientos de Suelos (USDA, 1951).

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 continuar sumando, todos los demás procesos y productos en los que interviene e interactúa el hombre sobre el medio natural en el cual se desarrollan; y así llegar al punto donde van a ser representadas y analizadas integralmente desde el marco de la ecología del paisaje.

Por lo tanto, la importancia de la fisiografía, está en la interrelación existente entre las geoformas, la geología/litología/formaciones superficiales, el material parental, 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, determinando no solo la clase de cobertura vegetal, y condicionando el uso de las tierras y su aprovechamiento agropecuario, forestal, etc.; sino también, en la presencia, trazado y ubicación de los tipos de asentamientos humanos y su infraestructura entre otros.

Justamente, la fisiografía se debe ver y entender como un bloque básico y estratégico de diagnóstico y conocimiento del medio físico biótico para el manejo y la conservación de los recursos naturales, la planeación y el ordenamiento del territorio. En este sentido, se precisó el realizar el análisis fisiográfico que permite conocer, conformar, representar, explicar y espacializar las distintas formas del relieve; teniendo en cuenta su origen, forma (apariencia exterior), su edad relativa, y en general conocer algunos de los procesos y fuerzas endógenas y exógenas que actual o potencialmente intervienen en ellos.

4.7.1. Procedimiento en el análisis fisiográfico

El sistema de Clasificación Fisiográfica del terreno utilizado para este estudio es el desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica (CIAF), el cual fue madurado con base en los criterios y conceptos de fisiografía esbozados inicialmente por su cuerpo de profesores holandeses (D. Goosen, E. Elbersen y E. Nieuwenhuis), y ajustados y complementados posteriormente por los colombianos Botero, P. y Villota, H. de la Unidad de Suelos del CIAF; la cual trabajó en el desarrollo del actual sistema para clasificar geográficamente las tierras (Serrato, P. 2009). Igualmente la metodología de clasificación que se siguió es a la vez, una combinación de los sistemas propuestos por Villota, H., IGAC - CIAF (1997), y en correspondencia con el sistema de clasificación Geomorfológica de A. Zinck (1989).

Mediante la aplicación de éste método de clasificación sistemático¹⁹ se realizó el presente análisis fisiográfico de la RBU, con el cual se caracterizaron y establecieron de manera jerárquica e integral aspectos como el relieve, las formaciones geológicas, los depósitos superficiales y el clima en particular. Recurriendo para tal fin, a la información existen y al nivel de detalle que ésta cartografía temática disponible y empleada nos aporta (clima y geología, etc.); y conjuntamente con el análisis y la interpretación de imágenes de sensores remotos (LANDSAT TM – ASTER) empleadas en este estudio, y partiendo de las ciencias de la Percepción Remota²⁰ y las técnicas de procesamiento digital de imágenes; en combinación con los sistemas de información geográfica (SIG), conforman herramientas esenciales y efectivas para almacenar, manejar y analizar de manera práctica y segura las cantidades y/o volúmenes de datos registrados producto de la percepción remota misma, los SIG y otra serie de datos e información no espacial, que en conjunto los utilizamos para el modelamiento y el análisis espacial.

A demás de lo anteriormente expuesto, para el estudio fisiográfico se realizó un reconocimiento general en campo de la RCRUM, para corroborar, levantar e identificar parte de la información previamente interpretada; así como otras características de los paisajes que nos permitieron analizar y tener una mejor visión de la región.

Para elaborar la clasificación fisiográfica de la RBU, se tuvo en cuenta los siguientes pasos:

- Localización geográfica de la RBU en el contexto regional de la RCRUM, sobre imágenes de satélite LANDSAT-TM sobre las cuales se realizó la georreferenciación (WGS 1984, UTM Zona 15 N).
- Información climatológica (tomada de UNIATMOS). Contiene datos de temperatura y precipitación media mensual (entre los años 1950 y 2000)²¹.
- Elaboración de mosaicos de las imágenes LANDSAT y generación del modelo digital de elevación (DEM 30m - ASTER).
- De los mosaicos y el DEM generado, se construyeron los anáglifos (*figura 21*) los cuales nos permiten a través de la visión binocular, ver el relieve tridimensionalmente. Es decir, el anáglifo²², nos da una visión en “alto relieve”, y mediante técnicas de análisis e interpretación de imágenes se analizan, identifican y separan individual y conjuntamente, hasta cierto nivel (por la resolución espacial de las imágenes), las distintas formas del relieve presentes en el área de estudio.
- En el análisis fisiográfico se tuvieron en cuenta aspectos geomorfológicos (estructuras, geoformas del terreno); igualmente aspectos geológicos (estructuras geológicas edad, origen y las clases de rocas), y los suelos y la hidrografía son elementos de correlación que en conjunto permiten la identificación y/o diferenciación de los diferentes paisajes que conforman la superficie terrestre.
- Elaboración de los mapas de Altitud (m.s.n.m.), *figura 12* y pendientes (%), *figura 11*., generados a partir del DEM (*Figura 10*) y reclasificados.

¹⁹ Ver Marco Conceptual. *Figura 3*.

²⁰ La Percepción Remota o Teledetección es la ciencia de adquirir y procesar información de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, gracias a la interacción con la energía electromagnética que existe entre el sensor y la tierra (Chuvieco, 1996).

²¹ El detalle de la información está descrita en el apartado de Clima.

²² Anáglifos. Las imágenes de anáglifo o anáglifos son imágenes de dos dimensiones capaces de provocar un efecto tridimensional, cuando se ven con lentes especiales (lentes de color diferente para cada ojo). <http://es.wikipedia.org/wiki/Anaglifo>.

- Recopilación de la información geológica principalmente del INEGI (Esc. 1:250,000 – 1:100,000) y del USGS (Esc. 1:1'000,000).
- Análisis de la información temática sobre la cual establecimos la jerarquización integrada de los aspectos climáticos, de relieve, formaciones geológicas y formaciones superficiales para definir las unidades geomorfológicas integralmente con las fisiográficas de la RBU.
- Trabajo de campo. Comprobación y complementación, mediante salidas y observaciones en campo.
- La Interpretación se realizó de manera semi-automatizada (visual – digital) de las formas del relieve, mediante el uso de imágenes de satélite LANDSAT, basada y apoyada esencialmente en la interpretación del anáglifo construido; el cual se hizo mediante el procesamiento digital de imágenes en el programa ERDAS, en la función de Análisis Topográfico.
- Trabajo de oficina. Ajuste, modificación y edición posterior a la comprobación en campo.



Figura 21. Detalle anáglifo para la RCRUM (Fuente: Esta Investigación).

4.7.2. Metodología de Clasificación

El presente análisis, va orientado principalmente a establecer y delimitar las diversas formas de la superficie del terreno (geformas a nivel de Paisaje) de la RBU aplicando la metodología

propuesta²³, donde se ha considerado el clima que predomina en las zonas, el relieve y la pendiente entre otros factores físicos; ya que las distintas formas del relieve presentes en las Provincias Fisiográficas son el resultado de la acción de diversos factores entre los cuales merecen especial atención el material del cual están constituidas (rocas/formaciones superficiales), la historia geológica y los procesos como atributos del paisaje que lo originaron, sean de tipo estructural, disolucional, denudacional, aluvial, marino, fluvio-marino, etc. (ver figura 16).

El estudio comprende relieves que se localizan dentro de tres grandes regiones naturales del sureste del país, a las que denominamos como Sierras, Península de Yucatán y Llanura Costera del Golfo de México. Cabe indicar, que la definición y caracterización de los aspectos morfológicos del relieve son esenciales y preponderantes, ya que toda actividad que se realice sobre el territorio debe establecerse previamente en el conocimiento del mismo.

Una cuestión relevante en el desarrollo de la temática fisiográfica fue la necesidad de improvisar y emplear un procedimiento y una forma de apoyo para la interpretación digital visual (uso de anáglifos), así como la implementación de una metodología de análisis jerárquica y multicategorico, las cuales contribuyen como método de análisis y presentación en el desarrollo de éste eje temático.

Villota, H, (1997), en su propuesta metodológica considera e identifica seis (6) unidades morfológicas de las cuales solamente y hasta el momento para este estudio se llegó hasta la quinta categoría, es decir, a nivel de Paisaje, pretendiendo llegar después hasta el nivel de Subpaisaje (sexta y última categoría) y sus correspondientes subdivisiones:

- **Geoestructuras.** Es la primera categoría del sistema, corresponden a grandes formaciones geomorfológicas propias de los Continentes. El bajo Usumacinta cuenta con dos estructuras, la Megacuenca de sedimentación y la Cordillera de Plegamiento, en estas unidades se hallan las provincias fisiográficas, el gran paisaje, el paisaje y el subpaisaje.
- **Provincia Fisiográfica.** Es la segunda categoría del sistema y primera división de la Geoestructura. Esta unidad, está constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico y topográfico, y relaciona espacialmente y a escala regional las estructuras geológicas presentes en el territorio de la RBU²⁴.
- **Unidad Climática.** Unidad de tierra dentro de la provincia fisiográfica. Cada provincia fisiográfica puede pertenecer a una o varias unidades Climáticas y comprende aquellas regiones cuya temperatura promedio anual y las lluvias son los suficientemente homogéneas en cada zona, para poderlas relacionar directamente con procesos erosionales, génesis de los suelos, cobertura vegetal y el uso actual de la tierra.

²³ La Clasificación fisiográfica del terreno según la metodología propuesta (Villota, H, IGAC- CIAF. 1997, p.p. 83-115, Op. Cit.).

²⁴ El establecimiento de las Unidades fisiográficas se realizó en su contexto regional del sur del país (Región de la Cuenca del Río Usumacinta RCRUM para México, Guatemala y Belice). Estudio "La Clasificación Fisiográfica de la Región de la Cuenca del Río Usumacinta". Elaborado por: Saavedra, A. y Castellanos, L. (2013). CENTROGEO – FORDECYT. (sin publicar).

- **Gran paisaje.** Corresponde en términos geomorfológicos a la unidad genética del relieve, y su caracterización se realiza identificando la geoforma o unidad homogénea de tierra (Paisajes) y su ambiente morfogenético u origen del relieve.

La unidad homogénea de tierra, comprende asociación o complejos de paisajes con relaciones de afinidad de tipo geogenético (forma, origen), climático, litológico y topográfico.

El ambiente morfogenético es la causa del modelado o desgaste de las geoformas originales hasta su estado actual. En la RBU el relieve ha sido modelado por los procesos depositacional o agradacional, estructural, disolucional y denudacional o erosional (*Figura 16*), que se describen a continuación:

- **Depositacional / Agradacional.** Relativo a deposición. Sedimentación de los materiales transportados por las aguas, el viento y el hielo (gravedad), es decir, es la acción de dejar en un lugar los elementos transportados o carga por parte de los agentes erosivos Tejada, G. (1994).

Corresponde a procesos de **sedimentación aluvial** (costero – marina y lacustre), **marina, fluvio-marino, fluvio lacustres**, es decir, deposición o acumulación de materiales de diferente tamaño (tamaño de partículas de tipo arena, limo, arcilla, fragmentos de suelo, etc.) marino o de agua dulce y de sedimentación y acumulación de tipo **lacustre / palustre** (depósitos por acumulación de materia orgánica), sobre planos de inundación, lagunas, pantanos, marismas, planicie de desborde, cubetas etc. La **sedimentación aluvial**, en donde el agua impulsada por la gravedad en forma de corrientes fluviales (agua de escorrentía) es el agente de transporte y de deposición y la fuerza que desprende y arrastra.

- **Denudacional.** Relativo a denudación. Tejada, G. (1994) lo describe como la acción de todos los agentes naturales – exógenos - tendentes a la destrucción y modelado de los accidentes y formas de la superficie terrestre, a través de los procesos de meteorización, erosión y transporte. De acuerdo con Villota, H. (2000), es el proceso de remodelado, desgaste y reducción de los relieves iniciales (existentes) por meteorización de las rocas (desintegración y descomposición); remoción en masas (desplazamiento o transposición más o menos rápida y localizada de volúmenes variables de partículas y agregados del suelo); y la erosión, ocasionada por desprendimiento y transporte de productos de la meteorización por agentes como el agua y el viento.
- **Estructural.** Relativo a estructura. Dícese del relieve en el que la estructura es el principal condicionante. De esta manera se presentan relieves de estructura horizontal, es decir, cuando los estratos sedimentarios no han sido afectados por la tectónica; de estructura plegada, cuando los estratos sedimentarios han sido plegados, formando otro tipo de relieves; y estructura fallada o fracturada cuando los materiales fueron lo suficientemente duros para no plegarse, sino romperse, por los efectos de la tectónica... (Tejada, G. 1994).

Según Van Sleen y Goosen (1974), los estratos de las rocas sedimentarias en su condición original son aproximadamente horizontales, pero debido a los procesos endógenos que afectan a la corteza terrestre, las masas rocosas están sometidas a deformaciones elásticas, plásticas y de ruptura.

- **Disolucional.** Relativo a disolución. Se refiere a la acción de disolver, es decir, descomponerse una roca en partículas pequeñísimas por y en un líquido (agua). Según Coque, R. (1984), la disolución es una acción física que corresponde a una disolución de la molécula en iones por un disolvente. En el ámbito de la meteorización, el disolvente es el agua atmosférica. Por lo tanto la actividad de la disolución depende de la constitución mineralógica de las rocas y de su permeabilidad, ligada a su porosidad y fisuración.
- **Paisaje Fisiográfico.** Corresponde al cuarto nivel de generalización del sistema y es la unidad fisiográfica fundamental de los levantamientos de suelos semidetallados, generales y exploratorios de suelos. “Se establece dentro de un gran paisaje, con base a su morfología específica, a la cual se le adicionan como atributos la litología y la edad.
 - **Litología.** Hace relación a la caracterización de las rocas o grupos de éstas que conforman el subsuelo (geología).
- **Subpaisaje.** “Corresponde a una división del paisaje fisiográfico”, que como ya se mencionó, está considerada realizarse posteriormente y que actualmente está en proceso de análisis y clasificación.

4.7.3. Clasificación Fisiográfica del Terreno de la RBU

El relieve de la RBU presenta en orden jerárquico unidades fisiográficas, cada una de las cuales se representa en mapas individuales con colores y su cuadro descriptivo y distintivo en la “leyenda”, y de esta manera al final mediante algebra de mapas se presente en el mapa fisiográfico integrado, en donde se identifican los paisajes que conforman el territorio del bajo Usumacinta en México. Las unidades fisiográficas encontradas son:

4.7.3.1. Estructuras Geológicas / Geoestructuras

La RBU contiene dos estructuras geológicas (Cuadro 6), la Cordillera de Plegamiento y la Gran Cuenca de Sedimentación (Figura 22), en estas unidades se hallan las provincias fisiográficas (3 en la región), el *gran paisaje*, el *paisaje* y el *subpaisaje*.

Estructura Geológica	Porcentaje (%)	Área (Ha)	Provincia Fisiográfica
Megacuenca de Sedimentación	92	1'330.568,5	Llanura del Golfo de México
			Península de Yucatán
Cordillera de Plegamiento	8	115.353	Sierra Madre de Chiapas y Guatemala

Cuadro 6. Geoestructuras / Provincias fisiográficas – RBU. Fuente: esta investigación.

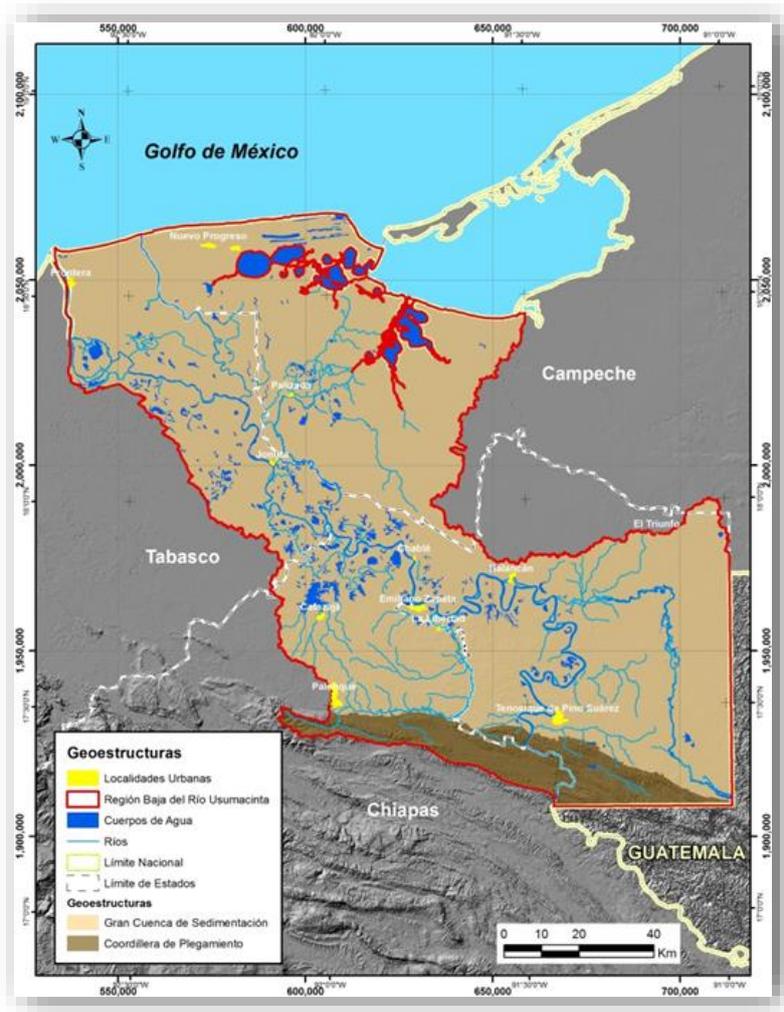


Figura. 22. Mapa Geoestructuras (Fuente: Esta Investigación).

El Estado de Tabasco contenido en la RBU, se encuentra asentado en un 52% sobre la Gran cuenca de Sedimentación, y por su parte, el estados de Campeche tienen un 28% y Chiapas en un 12%; y en cuanto al área asentada de los estados de Chiapas y Tabasco sobre la Cordillera de Plegamiento se presentan en un 4% aproximadamente cada uno (Figura 23).

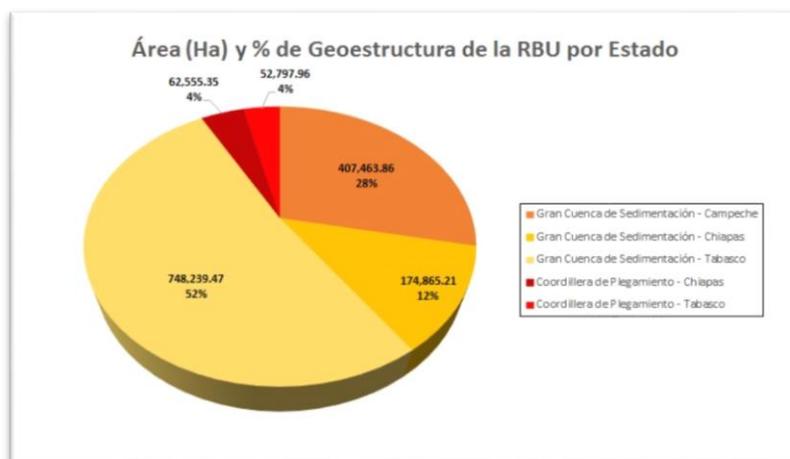


Figura 23. Área por estado asentada sobre las Geoestructura

4.7.3.2. Provincia Fisiográfica

La RBU hace parte de tres provincias fisiográficas, como se observa en el Cuadro 6, conformadas por las provincias fisiográficas de la Llanura del Golfo de México, la Península de Yucatán y la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala (Figura 24). En la Sierra Madre se aprecian montañas de formas abruptas, originadas por el plegamiento, fracturamiento y fallamiento de la corteza terrestre producto del choque de placas tectónicas.

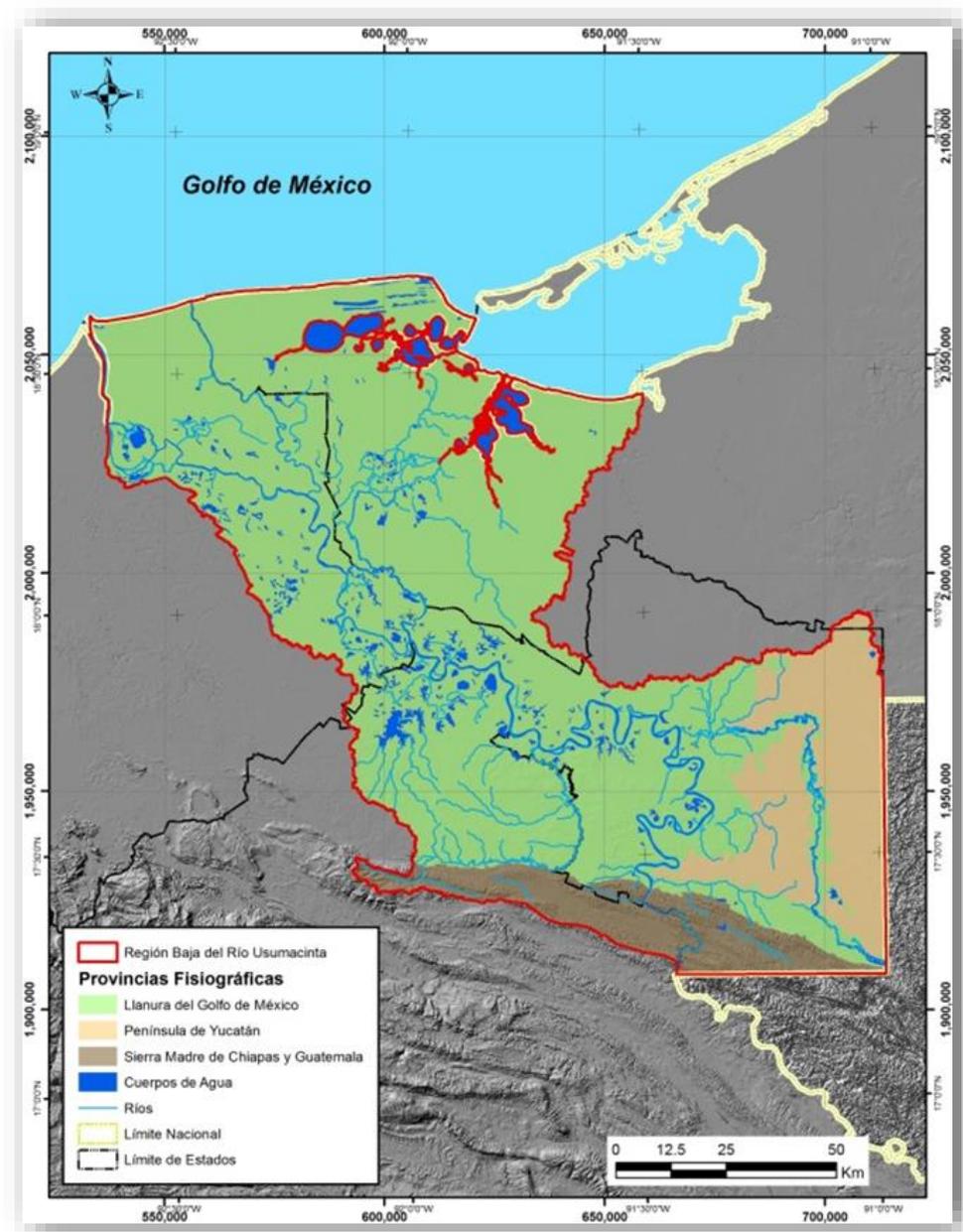


Figura 24. Mapa Provincias Fisiográficas (Fuente: Esta Investigación).

La participación por estado presente en cada una de las provincias fisiográficas se muestra a continuación en la figura 24a.

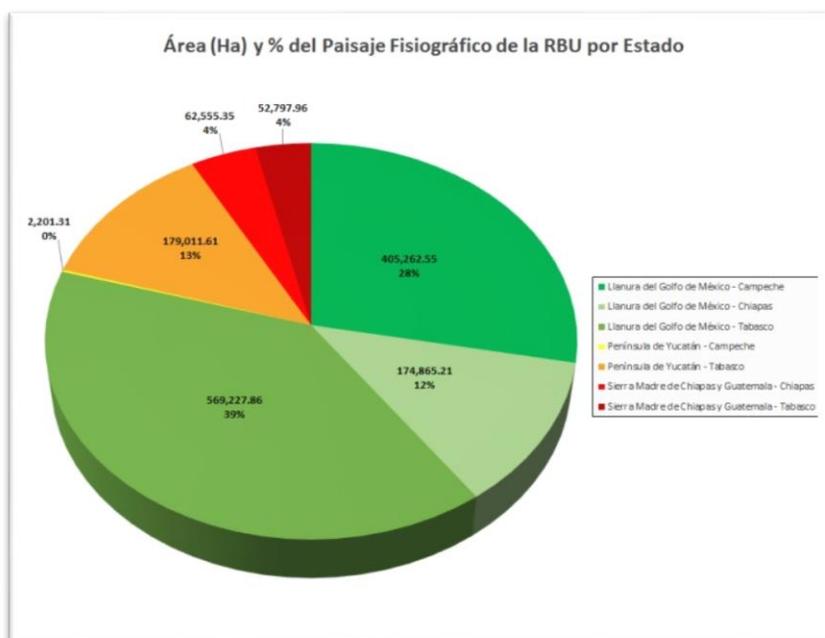


Figura 24a. Área presente por Estado en las Provincia Fisiográfica

4.7.3.3. Unidad Climática

Cada gran paisaje puede pertenecer a una o presentar varias unidades climáticas, esta información va incluida dentro de su correspondiente descripción.

4.7.3.4. Gran Paisaje

Se identificaron nueve (9) unidades de terreno que conforman los grandes paisajes (Figura 25), y tal como se observa y marcan en seguida en el Cuadro 7.

Gran Paisaje	Ambiente Morfogenético / Origen del Relieve	Símbolo
Valle Aluvial	Agradacional (A)	V-A
Llanura Fluvio Lacustre	Agradacional (A)	F-A
Llanura Fluvio Marina	Agradacional (A)	M-A
Relieve Colinado Erosional	Denudacional (D)	C-D
Relieve Colinado Disolucional	Disolucional / Estructural (S/E)	C-S/E
Relieve Colinado Estructural Erosional	Estructural / Denudacional (E/D)	C-E/D
Relieve Montañoso Disolucional	Disolucional / Estructural (S/E)	M-S/E
Relieve Montañoso Estructural	Estructural / Denudacional (E/D)	M-E/D
Relieve Montañoso y Colinado Estructural	Estructural / Denudacional (E/D)	MC-E/D

Cuadro 7. Grandes Paisajes de la RBU. Fuente: Esta Investigación

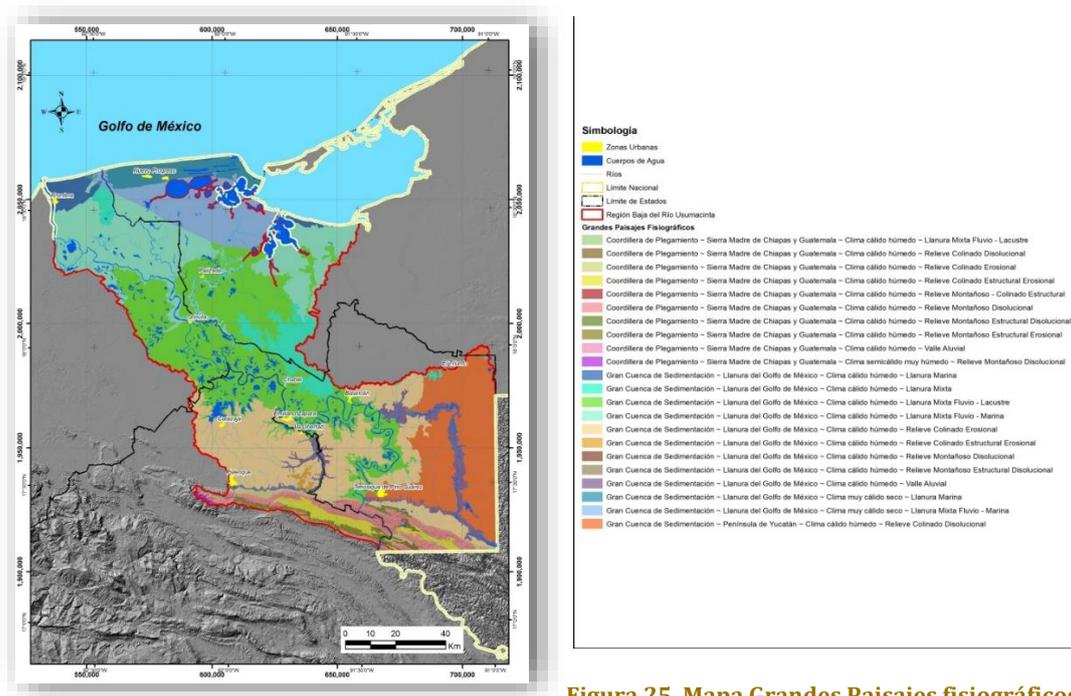


Figura 25. Mapa Grandes Paisajes fisiográficos.

A continuación se presenta la descripción de cada Gran Paisaje con sus correspondientes Paisajes:

❖ **Llanura del Golfo de México:**

○ **Gran Paisaje: Valle Aluvial – Agradacional (V-A).**

Se extiende una parte de esta, al pie del Sistema Montañoso y Colinado de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, y ha sido formada por la sedimentación de depósitos aluviales transportados de las zonas más elevadas por las corrientes de agua de los ríos San Pedro (Figura 26) y Chacamax y sus afluentes. El Valle está comprendido entre el metro (1m) y los 80 m.s.n.m., en las tierras climáticas denominadas bajas cálidas, de clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas que varían entre 24 y 27°C, una precipitación entre 1,853 y 2,438 mm/anales. Presenta promedios de temperatura en el valle del río San Pedro y sus afluentes de 26.5°C y precipitaciones promedias de 1,975 mm/anales. En el caso del Valle del rio Chacamax, presenta temperaturas promedio de 26.7 °C y precipitaciones promedias de 2250mm/anales. A este gran paisaje pertenecen el paisaje: Plano de inundación (figura 31).

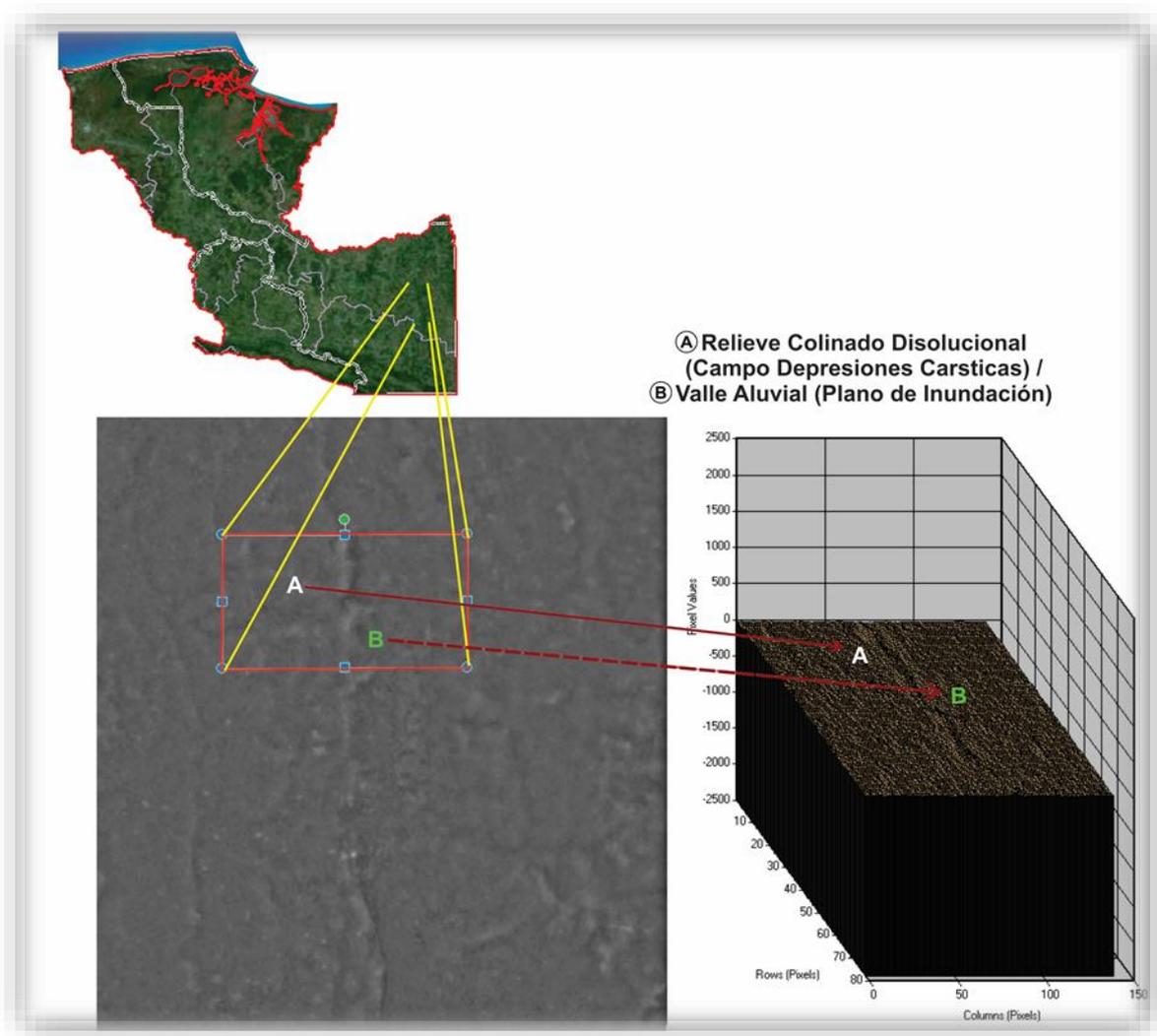


Figura 26. Localización del plano de inundación del valle aluvial (A) del Río San Pedro y el campo de depresiones cársticas del relieve colinado disolucional (B), en un perfil espacial²⁵.

- Paisaje: Plano de inundación.** Este paisaje se extiende sobre el sistema colinado erosional y disolucional (*sistema de lomerío*), es generalmente inundable en periodos lluviosos donde el caudal de los ríos varía considerablemente principalmente el del río San Pedro (uno de los afluentes más caudalosos del río Usumacinta). Los ríos San Pedro, Chacamax y sus afluentes reciben de los relieves circundantes montañosos y colinado-lomerío y de su propio lecho del río, sedimentos en suspensión, evidenciándose el proceso de sedimentación²⁶. El plano inundable de estos ríos corresponde a sus áreas o planos paralelas que van sobre ambas márgenes del río, sobre las cuales se depositan los materiales arrastrados y en suspensión de partículas; en otras palabras es el área susceptible a inundarse periódica u ocasionalmente.

²⁵ Debido a la baja resolución del DEM, se presenta poco contraste del relieve de estos dos paisajes en el perfil espacial.

²⁶ A esta unidad y al resto de paisajes, pertenecen subpaisajes que están pendientes por definir.

- **Gran Paisaje: Llanura o Planicie Mixta Fluvio lacustre – Agradacional (F-A).**

Este gran paisaje se exhibe una vez el río Usumacinta y otros afluentes salen surcando el sistema montañoso de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala y traspone en algunos sectores el sistema colinado erosional de lomas en dirección al Golfo de México (Figura 27). Esta llanura fluvio deltaica ha sido formada por depósitos de corrientes de agua que emergen de los terrenos elevados ya señalados, arrastrando hasta esta área toda clase de sedimentos.

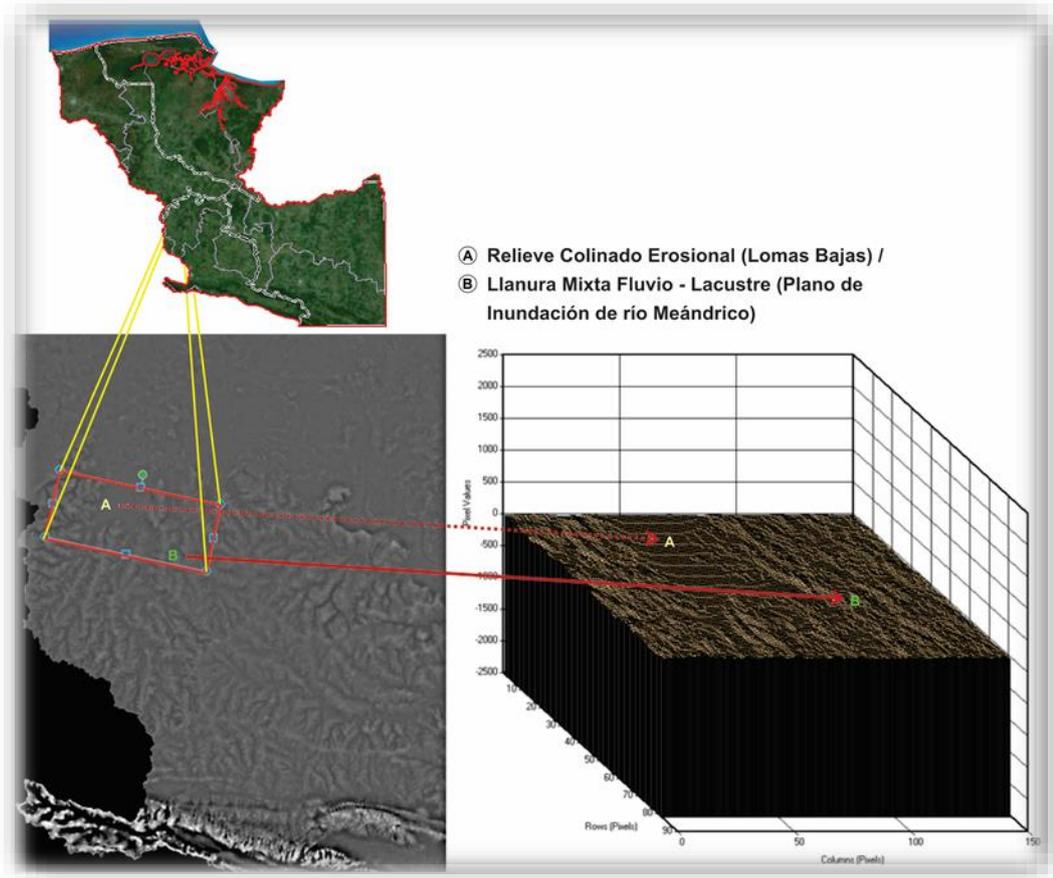


Figura 27. Perfil espacial de un sector de la Llanura mixta fluvio lacustre. Plano de inundación del río meándrico del Usumacinta (A) y el relieve colinado erosional (lomas) (B). Llanura del Golfo de México.

La llanura mixta hace parte de toda la llanura mixta fluvio lacustre del río meándrico del Usumacinta (Figura 28), la cual es generalmente inundable en periodos lluviosos donde el caudal de éste importante río varía considerablemente, bañando e inundando gran parte de toda la región de esta planicie fluvio deltaica. El Usumacinta, a su vez, aumenta en caudal aguas abajo debido a las descargas de los tributarios que confluyen en él, como son el San Pedro, Chacamax (entre otros) y sus afluentes; recibiendo de estos, las descargas de sedimentos, lo cual evidencia el proceso de sedimentación. El río al continuar su recorrido hasta entrar en contacto con la Llanura fluvio marina y marina de esta gran provincia fisiográfica denominada Llanura del Golfo de México.

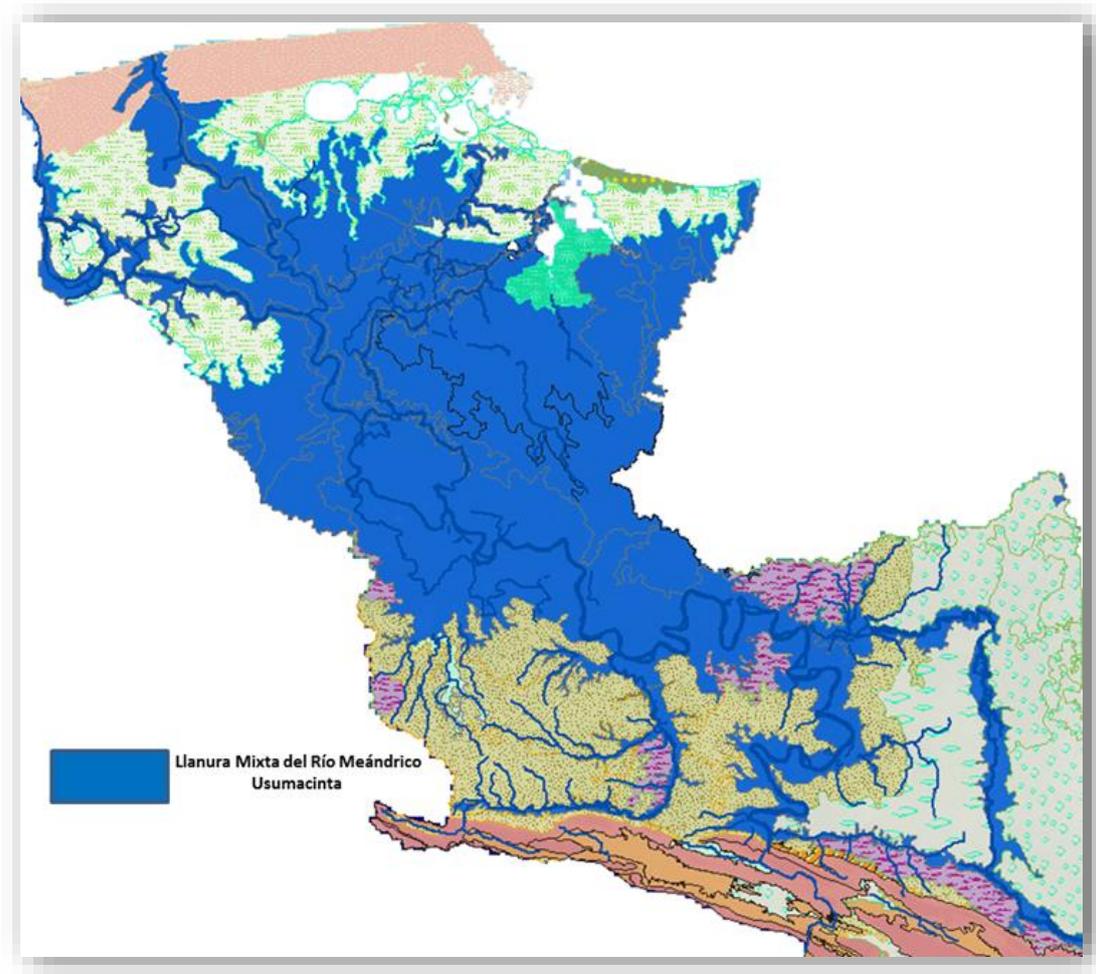


Figura 28. Región de la Llanura Mixta Fluvio deltaica del río meándrico del Usumacinta

La llanura mixta de río meándrico del Usumacinta (fluvio-deltaica) se encuentra entre los cero metros (0 m) y los 60 m.s.n.m., en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, tanto en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anuales 26,5°C y precipitaciones entre los 1,538 y 2,380 mm/anales, como en clima muy cálido seco, provincia de humedad seca (subhúmeda), con altitudes que van desde el nivel del mar, cero (0) hasta los 20 m.s.n.m., temperaturas promedio anual de 26.5°C y precipitaciones entre los 1,284 y 1,499mm anuales. Este paisaje fue constituido principalmente por sedimentos transportados por el río Usumacinta; un río que es propiamente meándrico al inicio de su recorrido y en la medida que avanza va tomando su configuración y caracterización ajustada a una llanura mixta o planicie fluvio deltaica, con características aluviales, lacustres, palustres, marinas y mixtas del tipo fluvio-marinas, fluvio lacustres/ fluvio palustres.

La llanura mixta del río meándrico del Usumacinta está sujeta a inundaciones frecuentes y periódicas. Presenta como características la conformación de curvaturas y sinuosidades fuertes en el curso del río (por sectores), denominadas meandros, desarrollando y conformando tanto meandros activos, como meandros y cauces abandonados, lagunas y otras geoformas presentes en este tipo de paisajes. Litológicamente está constituida por depósitos aluviales recientes y

subcrecientes (del cuaternario). A este gran paisaje pertenecen los siguientes paisajes²⁷: Plano de inundación, plano indiferenciado, plano de desborde, cubeta y terraza (figura 31).

- **Paisaje: Plano de inundación de río meándrico (P).**

Este paisaje está constituido por sedimentos transportados por el río Usumacinta, un río que es propiamente meándrico al “inicio de su recorrido”, es decir después de emerger de las zonas elevadas (montañas y colinadas de la sierra madre de Chiapas y Guatemala) y desde el momento mismo en que comienza a surcar el sistema de lomerío erosional. El río Usumacinta en la medida que avanza, va perdiendo altura y pendiente, del mismo modo va tomando su configuración y caracterización ajustada más a una llanura o planicie fluvio deltaica, cuyas pendientes son menores del uno por ciento (<1%). El caudal de los ríos y principalmente el del Usumacinta, fluctúan ampliamente con las estaciones o periodos (ver cuadros 2 y 3), inundando frecuente y periódicamente la planicie por desbordamiento.

- **Paisaje: Plano indiferenciado (I).**

Este paisaje forma parte de la llanura o planicie mixta, la cual representa un área de transición y evolución compleja (marina – aluvial- lacustre –palustre); por lo tanto, presenta características propias y compartidas bajo la influencia de ambientes fluvio-lacustre y fluvio marinos en esta enmarañada gran llanura meándrica fluvio-deltaica (muy relacionado y relativo con respecto a sistemas de lagunas y pantanos marino o de agua dulce). Esta unidad requiere de mayor caracterización para una mejor y mayor claridad en su definición (ver comentario ²⁷ a pie de página).

- **Paisaje: Plano de desborde (D).**

Este relieve se extiende a continuación del relieve colinado erosional aluvial, de manera ceñida y compartida entre la llanura fluvio deltaica del río Usumacinta y la del río Grijalva al oeste de la región; es igual y generalmente inundable en periodos lluviosos donde el caudal de los ríos varía de manera considerable; ríos que reciben las descargas de los relieves circundantes y del lecho de los mismos, sedimentos en suspensión, evidenciando los proceso de sedimentación. En este paisajes, se podría decir que hay muy poco o no existe equilibrio entre los procesos de sedimentación y erosión, situación que caracteriza en general a la llanura meándrica fluvio deltaica.

- **Paisaje: Planicie o plano de desborde – “nombrado Cubeta” (C).**

Corresponde a una unidad del plano inundable (seguramente más amplia), se extienden hasta entrar en contacto con la llanura fluvio marina, es decir con el paisaje de marismas; un ejemplo de su localización es el sector del río Palizada, el cual forma parte de esta cubeta o Basín cenagoso del río Palizada (ver comentario a pie de página 27) y del municipio del mismo nombre. Su relieve principalmente es plano cóncavo y en algunos sectores ligeramente plano, lo que

²⁷ Es importante señalar que para una mejor diferenciación de los paisajes y subpaisajes de la Llanura fluvio deltaica por ser tan compleja, llana y plano cóncava, es necesario trabajar con un DEM e imágenes de mayor resolución (fotografía aérea-SPOT) y comprobación en campo para la diferenciación y separación de las geoformas y la interpretación de las mismas con mayor detalle. Razón por la cual, se presentan de esta manera los paisajes de esta compleja llanura mixta fluvio deltaica del río meándrico del Usumacinta.

favorece el estancamiento de aguas lluvias y de aguas de algunas fuentes hídricas, el patrón de drenaje es encharcable. En estas áreas es muy probable que se presente acumulación de materiales finos.

- **Paisaje: Terraza (T).**

Con respecto a esta unidad la cruzan los ríos A. Blanco y las Piñas, por sus características y posición en el paisaje se podría decir que se formó por el descenso del nivel en la base del río Palizada. En la clasificación del paisaje, esta unidad se denomina terraza (principalmente de relieves planos 0-1% y ligeramente planos 1-3%) y su ubicación geográfica se encuentra en cercanía a los municipios de Palizada y Chablé. Litológicamente está conformada por depósitos superficiales aluviales.

A continuación se presenta en la *Figura 29*, un corte transversal (*trasecto 2*), el cual representa parte del relieve colinado erosional (lomerío) en inmediaciones de la Sierra Madre de Chiapas, conformado por el paisaje de lomas medias y bajas, de alturas relativas < a 180 metros y mayores de 20m, las cuales están presentes y forman parte de la Llanura del Golfo de México.

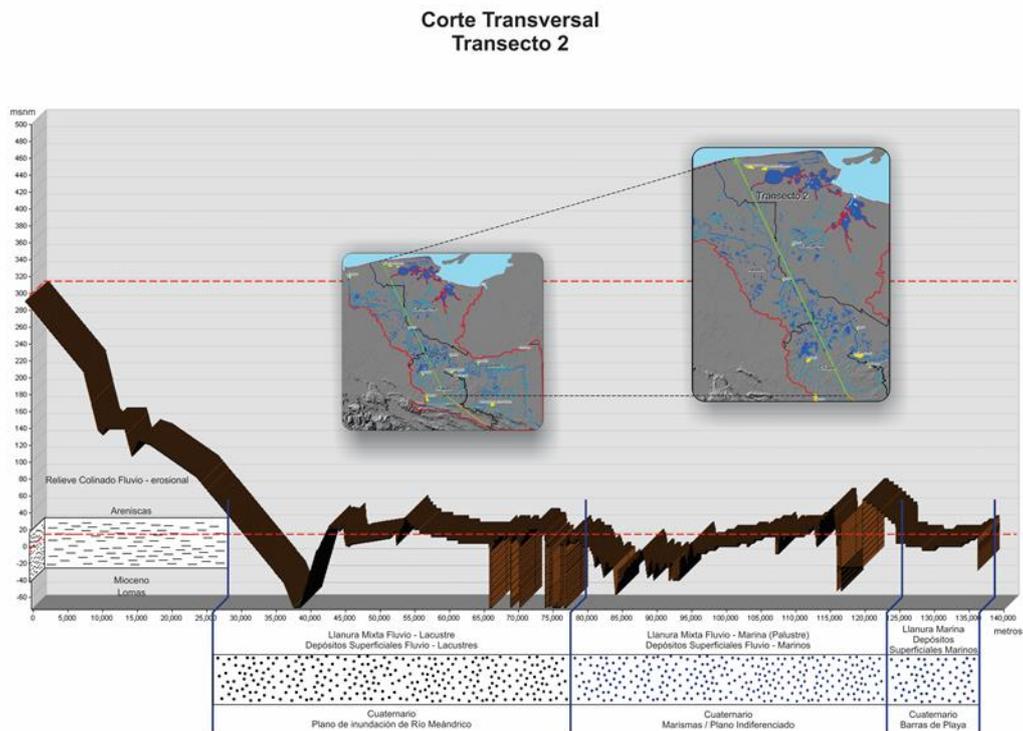


Figura 29. Representación gráfica de la Llanura del Golfo de México con sus grandes paisajes. El relieve colinado erosional y la llanura mixta fluvio deltaica del río Usumacinta.

Continuando con el recorrido del transecto y en seguida del sistema del relieve colinado (lomas), le sigue el gran paisaje de la compleja llanura mixta fluvio deltaica del río Usumacinta, la cual se presenta dividida a nivel de grandes paisajes de acuerdo a los atributos del paisaje²⁸ y presentes en el ambiente morfogenético (agradacional/depositacional). De esta forma se muestran: la llanura Mixta fluvio lacustre, la llanura mixta fluvio marina y la llanura marina, esto acorde con los paisajes presente y separados en este análisis fisiográfico.

²⁸ Se dividió el gran paisaje de acuerdo a los posibles atributos del paisaje separados en esta Investigación.

- **Gran Paisaje: Llanura o Planicie Mixta Fluvio Marina- Agradacional (M-A).**

Este gran paisaje ha sido formado por depósitos fluvio-marinos, incluyen depósitos por acumulación de materia orgánica vegetal (palustre/ lacustre) de corrientes de agua marina o agua dulce, en el cual se localizan la llanura mixta deltaica fluvio lacustre (F-A) y la llanura fluvio marina (M-A) en dirección al Golfo de México.

La llanura fluvio marina se integra a la llanura mixta fluvio lacustre del río meándrico del Usumacinta (*Figura 29*), sobre la cual hay influencia tanto aluvial por desbordamientos y aportes de los ríos (Usumacinta, Palizada, San Pedro y San Pablo...) que van en dirección al Golfo de México, como influjo marino con entradas de agua de mar por la influencia de las mareas; inundando y formando igualmente áreas anegadizas, que configuran una red hidrográfica de ciénagas, lagunas, pantanos; desarrollando el actual sistema complejo interior de ríos meándricos, sistema lagunar, albuferas ²⁹, etc.

La llanura mixta fluvio marina se encuentra entre los cero metros (0 m) y los 40 m.s.n.m., en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, tanto en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda, con temperaturas promedias anuales 26°C y precipitaciones entre los 1,504 y 1,986 mm/anuales; como en clima muy cálido seco, provincia de humedad seca (subhúmeda), con altitudes que van desde el nivel del mar, cero (0) hasta los 40 m.s.n.m., temperaturas promedio anual de 26.5°C y precipitaciones entre los 1,272 y 1,500 mm anuales. Este paisaje fue constituido principalmente por sedimentos transportados por el río Usumacinta; un río que es propiamente meándrico al inicio de su recorrido y en la medida que avanza va tomando su configuración y caracterización ajustada a una llanura mixta o planicie fluvio deltaica, con características mixtas del tipo fluvio-marinas, fluvio lacustres/fluvio palustres. Litológicamente está constituida por depósitos aluviales recientes (incluyen depósitos de materia orgánica vegetal). A este gran paisaje pertenecen los siguientes paisajes de acumulación litoral (marina, lacustre o palustre): Marismas, marisma/cubeta, barra de playa, cordón litoral, flecha litoral (*figura 31*).

- **Paisaje: Marismas (R).**

Estos paisajes representan las zonas pantanosas cercanas a la costa, las cuales tienen una influencia continental y marina combinada (ver comentario a pie de página 27).

- **Paisaje: Marisma/cubeta (R).**

Este paisaje se encuentra entremezclado de áreas de Marisma/cubeta y representa zonas pantanosas de la planicie de inundación con características seguramente combinadas, las cuales tienen una influencia tanto continental como marina (ver comentario a pie de página 27).

- **Paisaje: Barra de playa (B).**

Corresponde a una unidad litoral - marina, se extienden a lo largo de las costas de la RBU, franqueada en su extremo oeste por el río Grijalva, y unos kilómetros (23 aprox.) más al este sobre las costas por el propio Río Usumacinta y continuando hasta la laguna de Términos.

²⁹ *Laguna litoral en costas bajas (Laguna de Términos), separada del mar por un cordón o flecha Tejada, G. (1994). Ej. Albufera-Laguna de Términos / Cordón - Isla del Carmen*

Morfológicamente constituye un complejo de camellones y depresiones alargadas, paralelas a la línea de costa, en secciones transversales onduladas (Villota, H. 2005). Presenta un microrelieve principalmente plano-cóncavo, generalmente están formados por arenas bien seleccionadas y capas de limos que tienden acumularse en las áreas cóncavas (*Figura 31*).

- **Paisaje: Flecha litoral (F).**

Geoforma de acumulación marina o lacustre, la cual progresa hacia el lado opuesto de la bahía o ensenada que encierra, pero en forma curva, hacia tierra (Villota, H. 2005). La Albufera o Laguna litoral - Laguna de Términos (*Figura 30*).

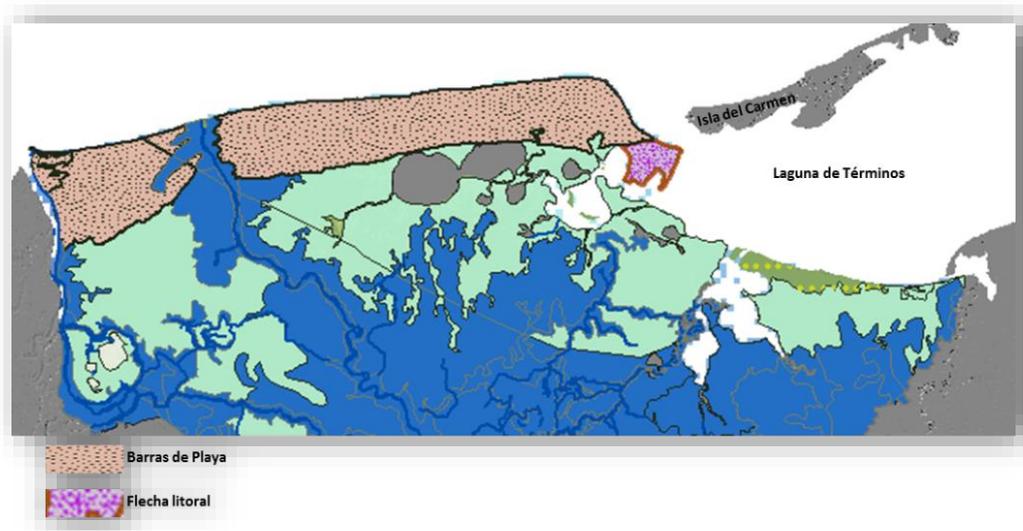


Figura 30. Localización Paisajes. Barras de playa y Flecha litoral

- **Gran Paisaje: Relieve colinado erosional / denudacional (C-D)**

El gran paisaje de relieve colinado erosional presente en la llanura del Golfo de México, se encuentra contiguo al sistema montañoso de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala en dirección al Golfo de México, sobre una sección paralela (noroeste-sureste) al sistema montañoso; encuadrado entre las localidades de Catazajá, Palenque, Emiliano Zapata, La Libertad, Balancán, Reforma y Tenosique. El relieve colinado circunda y enmarca el trayecto del río Usumacinta (río que atraviesa, surca y baña estos lomeríos) desde su salida del sistema montañoso de la Sierra Madre de Chiapas.

En la margen derecha del río (al este de su recorrido) entra en contacto con el relieve colinado disolucional del campo de depresiones cársticas del gran paisaje de la Península de Yucatán (*Figura 26*). Otros ríos como el Chacamax, el Trapiche, Nacahuaste, Chuyipa, Cedral, Juil, Catec, el Mono y la Payla, afluentes del Usumacinta, recorren y disectan el sistema colinado erosional, formando sus propios valles y vallecitos aluviales (no delimitados y separados a este nivel detalle).

Este Gran paisaje se encuentra entre los 20 y 200 *m.s.n.m.*, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual entre los 26 y 27°C y precipitaciones entre los 1,787 y 2,600 mm/anales. Litológicamente este gran paisaje está constituido por areniscas, conglomerados y

areniscas – conglomerados. A este gran paisaje pertenecen los siguientes paisajes: Superficies alomadas, lomas (separadas en bajas y medias) y vallecitos (*Figura 31*).

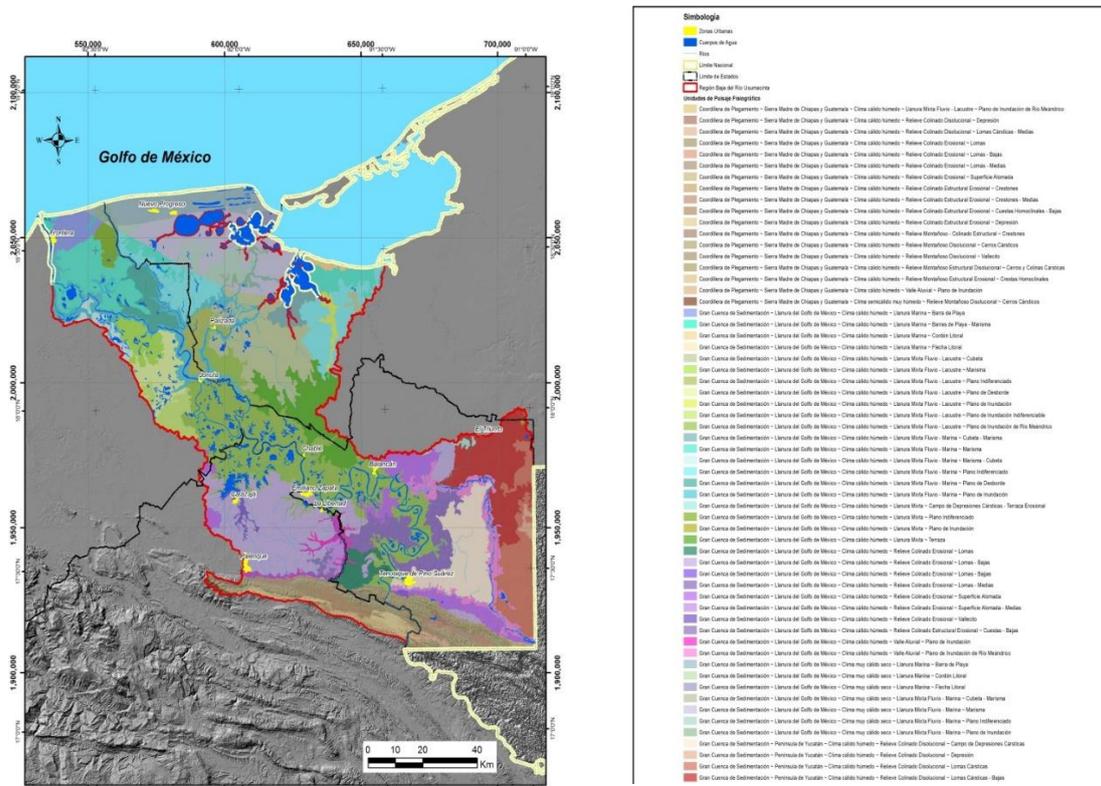


Figura 31. Mapa Paisajes Fisiográficos.

- **Paisaje: Superficie alomada**

El sistema de lomerío (lomas) y el paisaje de superficies alomadas que caracteriza esta unidad, cuenta con formas de baja altura relativa < de 40m, con pendientes que se encuentran conjugadas y las podemos clasificar y agrupar en superficies alomadas (ondulaciones) ligeramente onduladas (3 – 7%) en este paisaje (*Figura 31*).

- **Paisaje: Lomas**

Las lomas bajas presentan alturas relativas < de 80m y clases de pendientes agrupadas en lomas ligeramente onduladas (3–7%) y lomas moderadamente onduladas (7–12%) en este paisaje. (En el perfil espacial de la *Figura 27*, se presenta el relieve colinado erosional–lomerío–lomas (B)). El paisaje de lomas medias en esta unidad corresponde a un lomerío con alturas relativas por sectores de más de 100 metros, con pendientes que van desde ligeramente onduladas (3–7%) a moderadamente onduladas (7–12%) en este paisaje (*Figura 29*. Representación gráfica del Relieve colinado erosional – lomas).

- **Paisaje: Vallecitos aluviales**

Esta unidad hace parte del gran paisaje de relieve colinado. Los vallecitos son una porción del terreno alargada, estrecha y plana que surcan estas colinas o lomeríos, presenta relieves planos, cóncavos y plano-cóncavos de pendientes (0-1%) y ligeramente planos (1-3%). (*Ver comentario a pie de página 27*).

- **Relieve colinado estructural erosional (C-E/D)**

Paisaje: Cuestas

Este paisaje corresponde a un grupo de colinas /cuestas, asociadas a las estribaciones del flanco Oriental de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, las cuales han sido afectadas probablemente por procesos estructurales, erosivos y denudativos, de pendientes ligeramente inclinadas (3-7%). Litológicamente se componen de intercalaciones de areniscas / conglomerados. Se encuentra entre un metro (1) y los 100 *m.s.n.m.*, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual de 26,6°C y precipitaciones entre los 2,219 y 2,290 *mm/anales*.

❖ **Península de Yucatán:**

- **Gran Paisaje: Relieve colinado disolucional (C-S/E)**

El gran paisaje del relieve colinado disolucional presente en la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán ha sido formado por sedimentación de carbonatos (plataforma carbonatada) de pocas deformaciones de plegamiento y fallas, y una tectónica estable de baja subsidencia. Este gran paisaje es separado y disectado por el valle aluvial del río San Pedro, río que proviene del país de Guatemala (peten guatemalteco), el cual desborda sus aguas sobre este paisaje con relieve de depresiones cársticas y lomas, rompiendo posteriormente aguas abajo, el relieve colinado erosional aproximadamente unos 20 kilómetros aguas arriba antes de desembocar en el río Usumacinta (en sectores de la localidad de Reforma). Como se observa en el perfil espacial de la *Figura 26*; donde se localizan tanto el plano de inundación del valle aluvial (A) del Río San Pedro y el campo de depresiones cársticas en la margen izquierda del río y el paisaje de lomas cársticas en la margen derecha, constituyendo el relieve colinado disolucional (B).

El relieve colinado disolucional (lomerío) se encuentra en altitudes menores a los 100 *m.s.n.m.*, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anuales entre los 26 y 27°C y precipitaciones entre los 1,530 y 2,183 *mm/anales*. Estas áreas se inundan y encharcan en épocas de lluvias, los procesos erosivos son poco representativos, donde el río San Pedro y afluentes (Lagartero, El Saya) y afluentes del Usumacinta como el San Isidro, Toquilpa y Poleva que surcan estas formaciones calcáreas, buscan su nivel de base sobre la roca, y en realidad es poca la disección que presentan y se representan en estos relieves disolucionales. A este gran paisaje pertenecen los siguientes paisajes disolucionales: Lomas cársticas, campo de depresiones cársticas y depresiones (*Figura 31*).

- **Paisaje: Lomas Cárstica**

Las lomas cársticas presentan alturas relativas < de 60 m y clases de pendientes agrupadas en donde predominan un relieve de lomerío (ondulaciones) de lomas con pendientes conjugadas que las podemos clasificar y agrupar en superficies alomadas (ondulaciones) ligeramente onduladas (3 – 7%) y en menor proporción lomas de pendientes moderadamente onduladas (7 – 12%) en este paisaje.

- **Paisaje: Campo de depresiones Cársticas**

El paisaje de Campo de depresiones Cársticas que caracteriza esta unidad, cuenta con formas de baja altura relativa < de 30 m, con pendientes a nivel 0–1% y ligeramente planas 1–3% con ondulaciones muy poco perceptibles y otras que se encuentran conjugadas, clasificadas y que se pueden agrupar en superficies alomadas ligeramente onduladas de pendientes (3–7%) en este paisaje (*Figura 31*).

- **Paisaje: Depresión**

Estas geoformas conforman zonas depresionables sobre estas superficies de terrenos cársticos, en esta zona perteneciente a la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán. Su relieve es plano-cóncavo de pendientes 0–1% y ligeramente plano, en pendientes de 1–3%.

❖ **Sierra Madre de Chiapas Y Guatemala**

Esta provincia fisiográfica presenta relieves que corresponden a un conjunto de montañas y colinas que pertenecen a las estribaciones del flanco oriental de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala del que hace parte la RBU. En el perfil espacial de la *figura 34*, se muestran las montañas y colinas como grandes paisajes presentes en este sistema, las cuales han sido moldeadas tanto por procesos estructurales denudacionales y disolucionales erosionales, como por procesos erosivos y denudativos desde su formación hasta la época actual.

Estos relieves se distribuyen aproximadamente desde los 40 hasta los 1200 *m.s.n.m.*, donde una parte de este sistema montañoso y colinado pertenece a las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 24 hasta los 26.8°C y precipitaciones entre los 2,059 y 2,721 *mm/anales*. La otra parte del sistema montañoso disolucional se localiza en tierras medias templadas, de clima semicálido muy húmedo, provincia de humedad, muy húmeda (perhúmeda), el cual presenta temperaturas promedio anuales entre 22.15 y 24.37°C y precipitaciones que van desde los 2,523 hasta los 2,794 *mm/anales*.

A continuación en la *Figura 32*, se presenta un corte transversal en dirección sureste-noroeste (*transecto 1*), el cual esquematiza la secuencia de una parte de los grandes paisajes del relieve montañosos disolucional y estructural, y el colinado estructural, disolucional y erosional (lomerío) y sus paisajes presentes en este sector de la Sierra Madre de Chiapas. Continuando con el recorrido del transecto, y una vez atravesado y dejado atrás esta parte montañoso y colinado que conforma la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, se entra en contacto directamente con el valle aluvial del río Chacamax y posteriormente se continúa con el relieve colinado (lomas) en areniscas, las cuales pertenecen propiamente a la gran llanura deltaica fluvio lacustre del río meándrico del Usumacinta.

Corresponden a esta provincia fisiográfica los siguientes grandes paisajes: Relieve colinado estructural/erosional, relieve colinado disolucional/erosional, relieve colinado erosional, relieve montañoso disolucional, relieve montañoso estructural erosional, relieve montañoso y colinado estructural erosional y valle aluvial agradacional.

- **Gran Paisaje: Relieve colinado estructural / erosional (C-E/D)**

Este gran paisaje colinado representa paisajes combinados de cuestras y crestones constituidos por anticlinales compuestos de areniscas y lutitas en la mayoría de los casos.

A este gran paisaje pertenecen los siguientes paisajes: cuestras, crestones³⁰ y depresión (Figura 31).

- **Paisaje: Cuestras**

Este paisaje corresponde a un grupo de cuestras, asociadas a las estribaciones del flanco Oriental de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, las cuales han sido afectadas por procesos estructurales, erosivos y denudativos, de pendientes ligera y moderadamente inclinadas (3-7-12%) y en algunos sectores pueden llegar hasta el 15%. Litológicamente se componen de intercalaciones de lutitas/areniscas, como se observa en el corte transversal (*transecto1*) de la Figura 32. El paisaje de cuestras homoclinales con aproximadamente 200 metros de desnivel se ubican entre los 340 y los 540 *m.s.n.m.*, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 25.4 hasta 26.66°C y precipitaciones entre los 2,208 y 2,481*mm/anales*.

- **Paisaje: Crestones**

Los crestones homoclinales (monoclinales) presentan alturas que van desde los 40 hasta los 300 *m.s.n.m.*, y clases de pendientes agrupadas en donde predominan un relieve moderadamente quebrado con pendientes (12-25%) y fuertemente quebrados con pendientes entre (25-50%). Litológicamente están compuestas de intercalaciones de lutitas/areniscas. Este paisaje de crestones se ubican entre los 40 y los 300 *m.s.n.m.*, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 24.1 hasta 26.47 °C y precipitaciones entre los 2,061 y 2,368 *mm/anales*.

- **Paisaje: Depresión**

Estas geoformas representan las zonas depresionables sobre estas superficies de terrenos sedimentarios de lutitas y areniscas en contacto con materiales calcáreos, en esta zona perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra madre de Chiapas y Guatemala. Su relieve es plano-cóncavo de pendientes 0-1% y ligeramente plano, con pendientes de 1-3%.

³⁰ *Crestas y crestones Homoclinales (monoclinales) Bloques monoclinales de materiales duros, generalmente sedimentarios, que debe su origen a la erosión de determinadas formas como anticlinales. Tejada, G. (1994). En este estudio representan los anticlinales compuestos de areniscas y lutitas en la mayoría de los casos.*

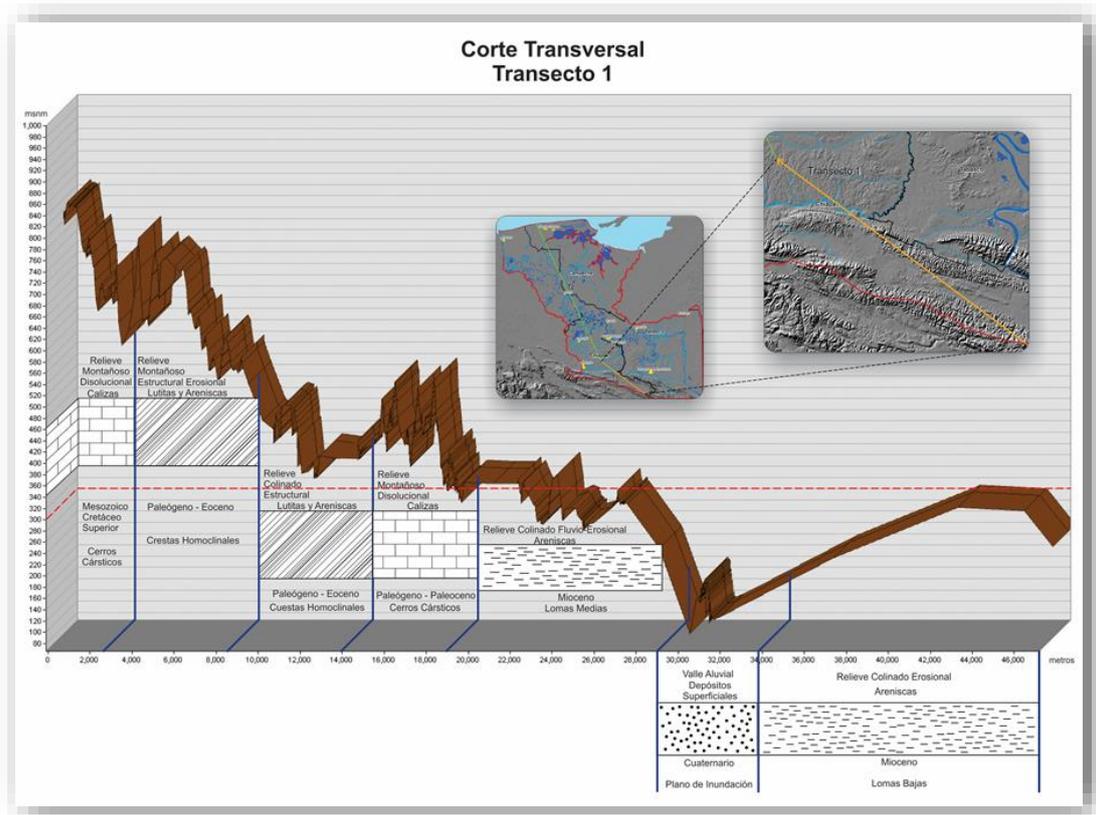


Figura 32. Representación gráfica - Transecto 1 - Sector Sierra Madre de Chiapas y Guatemala. Grandes paisajes. Relieve montañoso y colinado estructural y disolucional. Sector Llanura del Golfo de México. Grandes paisajes relieve colinado erosional y valle aluvial.

- **Gran paisaje: Relieve colinado disolucional / erosional (C-S/E)**

El gran paisaje del relieve colinado disolucional presente en la provincia fisiográfica de la Sierra madre de Chiapas y Guatemala ha sido formado por rocas carbonatadas (Calizas) las cuales han sufrido cierta deformación de plegamiento y fallas. Este gran paisaje se encuentra contiguo al relieve montañoso disolucional. El relieve colinado disolucional (lomerío – lomas) se encuentra en relieves que presentan diferencia en desnivel $< 300\ m$ (altura relativa), ubicada en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anuales entre los 25 y $26.48\ ^\circ\text{C}$ y precipitaciones entre los $2,123$ y $2,300\ \text{mm}/\text{anuales}$. A este gran paisaje pertenecen los siguientes paisajes disolucionales: Lomas cársticas y depresión (Figura 31).

- **Paisaje: Lomas Cársticas**

Las lomas cársticas presentan alturas relativas $<$ de $200\ m$ y clases de pendientes agrupadas en donde predominan un relieve de lomerío, con lomas de pendientes ligeramente onduladas (3–7%) y en lomas de pendientes moderadamente onduladas (7–12%) en este paisaje. Este lomerío se ubican entre los 40 y los $300\ \text{m.s.n.m.}$, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 25.2 hasta $26.48\ ^\circ\text{C}$ y precipitaciones entre los $2,179$ y $2,300\ \text{mm}/\text{anuales}$.

- **Paisaje: Depresión**

Estas geoformas representan las zonas depresionables sobre estas superficies de terrenos de calizas, en esta zona perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra madre de Chiapas y Guatemala. Su relieve es plano-cóncavo de pendientes 0-1% y ligeramente plano, en pendientes de 1-3%. Este paisaje se encuentra entre los 40 y 120 *m.s.n.m.*, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 25.8 hasta 26.4 °C y precipitaciones entre los 2,123 y 2,233 *mm/anales*.

- **Gran paisaje: Relieve colinado erosional / denudacional (C-D)**

El gran paisaje de relieve colinado erosional presente en la Sierra madre de Chiapas y Guatemala, se encuentra contiguo al sistema montañoso estructural de crestas homoclinales. Este relieve se ubica entre los 20 y 140 *m.s.n.m.*, en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual entre los 25.3 y 26.6°C y precipitaciones entre los 2,154 y 2,301 *mm/anales*. Litológicamente este gran paisaje está constituido por areniscas. A este gran paisaje pertenecen el siguiente paisaje: las lomas (*Figura 31*).

- **Paisaje: lomas**

Las lomas presentan alturas relativas < de 80 *m* y clases de pendientes agrupadas en lomas ligeramente onduladas (3-7%) a moderadamente onduladas con pendientes (7-12%) en este paisaje.

- **Gran paisaje: Relieve montañoso disolucional (M-S/E)**

Las montañas son elevaciones naturales del terreno de más de 300 metros de desnivel y pueden ser de distinto origen e igualmente se presenta de formas diversas de acuerdo con el material litológico, los suelos que lo constituyen (Villota, H. 1992) y el ambiente morfogenético sobre el cual se desarrollaron estos paisajes. La *Figura 32*, representa un corte transversal que presenta el relieve montañoso disolucional conformado por cerros cársticos como paisajes y constituidos por calizas del mesozoico cretáceo superior y calizas del terciario paleógeno paleoceno.

De esta manera, el gran paisaje del relieve montañoso disolucional está formado por rocas carbonatadas (Calizas), muy presentes en toda la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, y que a su vez, han sufrido deformación por plegamiento y fallamiento, encontrándose contigua al relieve montañoso estructural erosional, tal como se observa en el perfil espacial de la *Figura 34*. Por otra parte, el relieve montañoso disolucional se ubica tanto en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; como en las tierras medias templadas, de clima semicálido muy húmedo, provincia de humedad muy húmeda (perhúmeda).

A este gran paisaje pertenecen los siguientes paisajes disolucionales: Cerros cársticos, colinas cársticas y vallecitos (*Figura 31*).

- **Paisaje: Colinas cársticas**

Las colinas y los cerros cársticos del relieve montañoso disolucional de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala se localiza sobre una franja al extremo sur de la RBU en dirección sureste-noroeste, colindando al sur con el paisaje de cerros cársticos y al norte con el relieve colinado erosional y las superficies alomadas de la llanura fluvio lacustre del río Usumacinta. Este paisaje se encuentra en la margen derecha del río Usumacinta en el sector conocido como el “Cerro de la Boca”, justo a la salida, margen derecha, parte más baja donde rompe del río. Las colinas cársticas presentan altitudes que van desde un metro (1) hasta los 180 *m.s.n.m.*, con alturas relativas menores a 250 metros, de pendientes moderadamente inclinadas (7-12%), fuertemente inclinadas (12-25%) y en algunos sectores ligeramente escarpadas con pendientes (25-50%) en este paisaje.

Este paisaje de colinas cársticas se ubican en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 25.59 hasta 26.70°C y precipitaciones entre los 2,094 y 2,290 *mm/anales*.

- **Paisaje: Cerros cársticos**

El paisaje de Cerros Cársticos del relieve montañoso disolucional de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala recorre todo el extremo sur de la RBU en dirección sureste-noroeste. Las alturas relativas correspondientes a este paisaje superan los 300 metros de desnivel, con pendientes ligeramente escarpadas (25-50%), moderadamente escarpadas (50-75%) y fuertemente escarpadas (>75%) en este paisaje. Los cerros cársticos ubicados en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; presentan temperaturas promedio anual que van desde los 23.7 hasta 26.71°C y precipitaciones entre los 2,000 y 2,719 *mm/anales*. Litológicamente este gran paisaje está constituido por calizas del cretáceo superior y calizas del paleoceno.

Por su parte, los cerros cársticos ubicados en las tierras medias templadas, de clima semicálido muy húmedo, provincia de humedad muy húmeda (perhúmeda) (*Figura 33*); presentan temperaturas promedio anual que van desde los 22.15 hasta 24.37 °C y precipitaciones entre los 2,524 y 2,794 *mm/anales*. Litológicamente este gran paisaje está constituido por calizas del cretáceo superior.

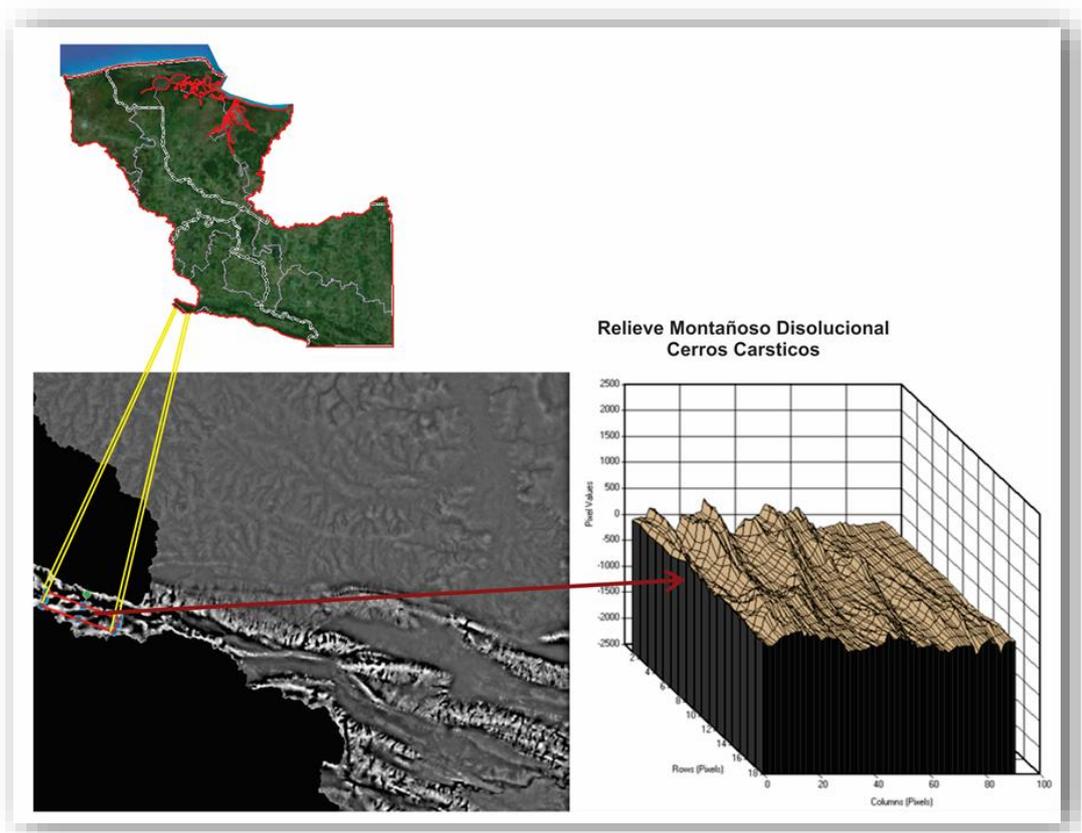


Figura 33. Perfil espacial. Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, relieve montañoso disolucional/erosional (cerros cársticos) situado en clima semicálido muy húmedo.

- **Paisaje: Vallecito**

El paisaje de vallecitos del relieve montañoso disolucional de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, representa aquellos vallecitos intramontanos, como el que comprende el vallecito formado por el río Chiniquija, afluente del Usumacinta y generalizado y separado en este estudio por su amplitud. Presenta pendientes plano-cóncavas y ligeramente planas (0–3%) y ligeramente inclinadas (3–7%), en este paisaje. Los vallecitos sobre estos paisajes montañosos y colinados cársticos están ubicados en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; presentan temperaturas promedio anual que van desde los 25.94 hasta 26.8 °C y precipitaciones entre los 2,210 y 2,369 *mm/anales*. Litológicamente este gran paisaje está constituido por depósitos superficiales del cuaternario (depositados seguramente sobre materiales calcáreos).

- **Gran paisaje: Relieve montañoso estructural / erosional (M-E/D)**

El gran paisaje del relieve montañoso estructural erosional presente en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala ha sido formado por rocas sedimentarias de lutitas y areniscas las cuales sufrieron deformación por plegamiento y fallamiento. Este gran paisaje se encuentra igualmente sobre el extremo sur de la RBU colindando con el sistema montañosos y colinado disolucional y estructural. Como se observa en el perfil espacial de la *Figura 34*, donde se localizan tanto las crestas homoclinales del relieve montañoso estructural (C), junto al sistema de cuevas del relieve colinado estructural (B) y más al norte la cadena de cerros cársticos del relieve montañoso disolucional (A). Asimismo, en la representación gráfica de la *Figura 32*, se

muestra en el corte transversal la secuencia de los grandes paisajes que se presentan en este transecto; iniciando con los cerros cársticos del relieve montañoso disolucional, continuando con las crestas homoclinales del relieve montañoso estructural erosional y las cuestas del colinado estructural, para terminar nuevamente con los cerros cársticos del relieve montañoso disolucional presentes en esta secuencia transversal de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala.

A este gran paisaje pertenece el siguiente paisaje: Crestas Homoclinales³¹ (Figura 31).

- **Paisaje: Crestas Homoclinales**

Estos relieves en la RBU se distribuyen aproximadamente desde los 40 hasta los 700 *m.s.n.m.*, con pendientes moderadamente escarpadas (50–75%) y fuertemente escarpadas (>75%) en este paisaje. Este sistema montañoso estructural plegado se encuentra en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 24 hasta los 26.59 °C y precipitaciones promedio entre los 2,152 y 2,590 *mm/anales*.

A continuación en la Figura 34, se presenta un corte transversal en dirección sureste–noroeste (*transecto 1*), el cual esquematiza la secuencia de una parte del paisaje de crestas homoclinales del relieve montañoso estructural erosional ©, presentes en este sector de la Sierra Madre de Chiapas.

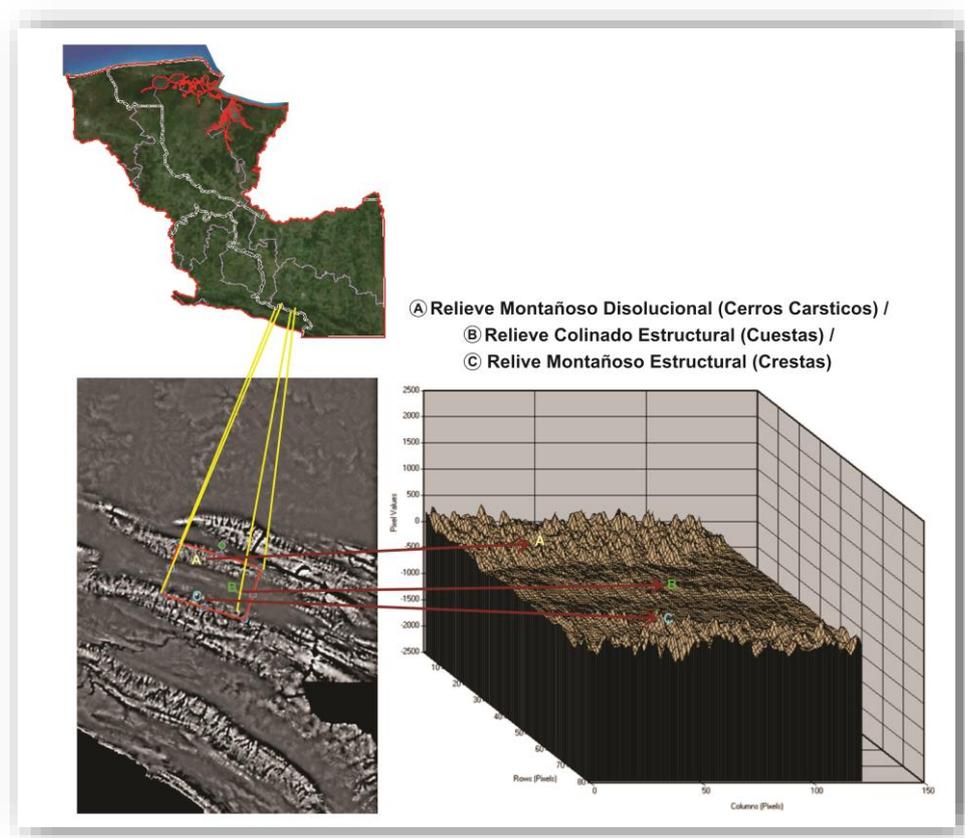


Figura 34. Perfil espacial. Relieves montañoso disolucional – cerros cársticos (A), colinado estructural – cuestas (B) y montañoso estructural - crestas (C). Sierra Madre de Chiapas y Guatemala.

³¹ *Crestas Homoclinales (monoclinal) Bloque monoclin de materiales duros, generalmente sedimentarios, que debe su origen a la erosión de determinadas formas como anticlinales. Tejada, G. (1994). En este estudio representan los anticlinales compuestos de areniscas y lutitas en la mayoría de los casos.*

- **Gran paisaje: Relieve montañoso y colinado estructural / erosional (MC-E/D)**

Este gran paisaje combinado representa el paisaje de crestos constituido por anticlinales compuestos de areniscas y lutitas en la mayoría de los casos, los cuales se caracterizan por presentar pendientes entre el 15 y el 45%. A este gran paisaje pertenece el siguiente paisaje: crestos homoclinales (*Figura 31*).

- **Paisaje: Crestos**

En la RBU estos relieves se distribuyen aproximadamente desde los 100 hasta los 500 *m.s.n.m.*, con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) y ligeramente escarpadas (25-50%) en este paisaje. Este sistema montañoso estructural plegado se encuentra en las tierras climáticas denominadas tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, provincia de humedad, Húmeda; con temperaturas promedio anual que van desde los 24.5 hasta los 26.47 °C y precipitaciones promedio entre los 2,054 y 2,300 *mm/anales*.

BIBLIOGRAFÍA

- ✎ CABRERA, J., CUC, P. *Diagnóstico Socio-ambiental de la Cuenca del Río Usumacinta. Proyecto Conflicto Cooperación Ambiental en Cuencas Internacionales Centroamericanas*. Universidad de Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica. Costa Rica, 2002.
- ✎ COMISIÓN NORTEAMERICANA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA, *CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO NORTEAMERICANO*. UNAM. Instituto de Geología. Boletín. 117. México, D.F. 2010.
- ✎ CONSERVATION STRATEGY FUND. *Conservación Estratégica SERIE TÉCNICA 10* junio 2007. Tenosique: análisis económico-ambiental de un proyecto hidroeléctrico en el Río Usumacinta.
- ✎ CONTRERAS V, H. *Reseña de la Geología del Sureste de México*, Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Superintendencia de exploración. Petróleos mexicanos, Coatzacoalcos. Veracruz.
- ✎ FERNÁNDEZ - EGUIARTE A., J. ZAVALA-HIDALGO., ROMERO-CENTENO R. 2010. *Atlas Climático Digital de México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM.
<http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/>
- ✎ GONZÁLEZ, P. *Los ríos de Tabasco*. Consejo Editorial del Gobierno de Tabasco. México, 1981.
- ✎ GORE, 1992; DARNELL y DEFENBAUGH, 1990. *General Facts about the Gulf of Mexico*. Resource Database for Gulf of Mexico Research <http://www.gulfbase.org/facts.php>
- ✎ HOLDRIDGE, L. R y J. TOSI, *Life Zone Ecology*. Tropical Science Centre. San José, Costa Rica. IICA. 1977. 118 p.
- ✎ INSTITUTO GEOGRÁFICO "AGUSTÍN CODAZZI". IGAC. 2002. *Manual de códigos de atributos de los levantamientos de los recursos de la tierra*. Bogotá – Colombia.
- ✎ 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.

- MORÁN, DANTE. *Geología de la República Mexicana*. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI) y LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MEXICO (UNAM). FACULTAD DE INGENIERÍA.

- HERNÁNDEZ J. RAMÓN, ORTIZ M. ARTURO, MÉNDEZ A. PATRICIA y GAMA LILIA. *Morfodinámica de la Línea de Costa del Estado de Tabasco*, México. (2007).

- 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.

- PETRÓLEOS MEXICANOS (PEMEX). Pemex Exploración y Producción. Subdirección de Exploración. *Provincia Petrolera Sureste (Salina del Istmo, Reforma-Akal y Macuspana)*. Versión 2.0, 2013.

- ROGER COQUE. *Geomorfología*. Alianza Universidad de textos. Versión española de Julio Muñoz Jiménez e Isabel Pérez-Villanueva T. Madrid, España. 1984.

- SAAVEDRA, A. Y CASTELLANOS, L. Estudio "La Clasificación Fisiográfica de la Región de la Cuenca del Río Usumacinta". (2013). CENTROGEO – FORDECYT. (Sin publicar).

- SERRATO, P. 2007a. *Los cañones colombianos: una síntesis geográfica*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, Oficina CIAF.

- SERVIVIO GEOLÓGICO MEXICANO (SGM). Gobierno Federal.
http://www.sgm.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=59&seccion=Productos&Itemid=88

- 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/>

-  USDA. 1993. Soil Survey Division Staff. Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Despoiled In: <http://soils.usda.gov/technical/manual/download.html>.

-  USGS. Science for a Changing World. U.S. Geological Survey. <http://ncgmp.usgs.gov/>

-  VAN ZUIDAM, R. A. *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Smith Publischers. The Hague. 1986.

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

-  VILLOTA, H., 1998. *Fundamentos de Percepción Remota e Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos*. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Centro de Investigación en Percepción Remota CIAF. Notas de clase. Bogotá. 1998.

-  VILLOTA, H., 1992. "El sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno". Revista CIAF, 13(1): 55-70. Santa Fe de Bogotá.

-  VILLOTA, H., 1997. "Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno". Revista CIAF, 15(1): 83-117. Santa Fe de Bogotá.

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

-  TEJADA, G., *Vocabulario Geomorfológico*. AKAL / Diccionario. Madrid – España. 1994.

-  ZINCK, A. *Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá. 1987.