



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SUELOS DE TABASCO  
CON BASE EN EL ENFOQUE GEOMORFOPEDOLÓGICO**

**RAQUEL JIMÉNEZ RAMÍREZ**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

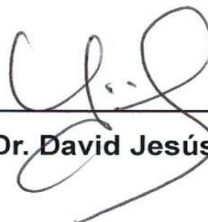
2013

La presente tesis titulada: **Clasificación y Caracterización de Suelos de Tabasco con Base en el Enfoque Geomorfopedológico**, realizada por la alumna: **Raquel Jiménez Ramírez**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**CONSEJERO:**



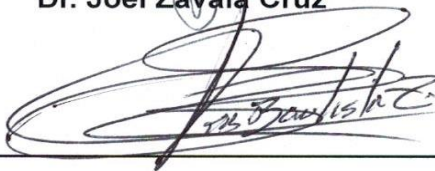
**Dr. David Jesús Palma López**

**ASESOR:**



**Dr. Joel Zavala Cruz**

**ASESOR:**



**Dr. Francisco Bautista Zúñiga**

**Cárdenas, Tabasco, México, Diciembre, 2013**

# **CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SUELOS DE TABASCO CON BASE AL ENFOQUE GEOMORFOPEDOLOGICO**

**Raquel Jiménez Ramírez**

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

## **RESUMEN**

Los estudios geomorfopedológicos delimitan las formas del relieve de una región partiendo de su estructura y morfogénesis, y con frecuencia las geoformas determinan la diferenciación de los suelos. Por ello el objetivo de este trabajo fue actualizar la clasificación y caracterización de suelos a escala 1:250 000 partiendo desde la geomorfología, podología y finalizar en geomorfopedología del estado de Tabasco. Se realizó la recopilación de estudios recientes sobre relieve y suelos del estado de Tabasco utilizando mapas del Sistema Geológico Mexicano a escala 1: 250 000, mapas topográficos del INEGI para precisar bordes de las terrazas y zonas cársticas, para separar las alturas menores y mayores de 200 msnm; el MDE del INEGI para verificar linderos de los paisajes a escala 1:50,000, y ortofotomapas e imágenes de satélite SPOT, para precisar linderos en zonas planas. Encontrándose 12 unidades geomorfológicas; con mayor extensión las Peneplanicie de terrazas costeras (26.97 %) y Planicie fluvial activa (18.50 %), y las más pequeñas superficie la Planicie fluvial activa (0.22 %) y el valle intermontano (0.22%). Para el mapa de suelos se realizó la unión de los archivos existente (shape) de trabajos realizados desde el 2007 hasta la actual, siendo el Sistema de Información Geográfica (ArcGis versión 9.3) la base que permitió trabajar con escalas diferentes (1:35 000, 1:45 000, 1:50 000, 1:75 000) hasta homogeneizar a 1:250 000, por medio de la eliminación de polígonos inferiores a 156 ha utilizando el área mínima cartografiable. Obteniendo 146 perfiles representativos de suelos georeferenciados con análisis físicos y químicos. Posteriormente se realizó la reclasificación y caracterización de suelos al segundo nivel utilizando calificadores principales y secundarios, de acuerdo con el manual llamado “Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) conformando la actual base de datos de suelos. Sumando un total de 19 unidades del grupo mayor de suelos en todo el estado, dominan los Gleysoles Histosoles y los Fluvisoles. Ubicando dentro de ello unidades

muy pequeñas que no se habían reportado en años anteriores como el Calcisol, Ferralsol, Lixisol, Nitisol, Phaeozem y Tecnosol. Para la realización de la cartografía geomorfopedológica se utilizó el programa ArcGis 9.3 donde se comenzó delimitando las áreas geomorfológicas y los suelos comprendidos en ellas. Dentro de la planicie de cordones de playa se ubica con una extensión de 149 039.74 ha principalmente los suelos con mayor superficie son del Grupo Arenosol (29.3 %) e Histosol (34.5 %), dentro de la Planicie baja de inundación lagunar con una superficie de 68808.2 ha los suelos que mayor domina es el grupo Solonchak (32.6 %), en la Planicie palustre el grupo Histosol; dentro de la Planicie Fluviodeltaica inactiva se encuentran los suelos Fluvisol y Cambisol; en la Planicie fluvial activa el Gleysol; en la peneplanicie de Terrazas costeras el grupo Acrisol y Alisol; en la peneplanicie de terrazas cárstica el grupo Leptosol; en el Valle intermontano el grupo Cambisol, en el Lomerío suave ha inclinado volcánico el Alisol, en Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas los grupos Acrisol y Alisol; en la Montaña inclinada cárstica, encontramos el Leptosol y por último en las Montañas inclinadas de lutitas-areniscas-conglomerado el grupo Alisol.

**Palabras claves:** Geomorfología, Relieve, Suelos,

## **ABSTRACT**

Geomorphopedologic studies landforms delimit a region based on its structure and morphogenesis, and landforms often determine the differentiation of soils. Thus, the objective of this work was to update the classification and characterization of 1:250 000 scale soil starting from the geomorphology and pedology, and ending with the geomorphopedology of the state of Tabasco. Were collected recent studies on topography and soils of the state of Tabasco using Mexican Geological System maps at a scale of 1: 250 000; INEGI topographic maps to pinpoint edges of the terraces and karst areas, to separate the lower and higher heights of 200 m; the INEGI DEM boundaries to verify 1:50,000 scale landscapes, and orthophoto and SPOT satellite imagery to define boundaries in flat areas. Finding 12 geomorphological units, with the largest area of coastal terraces peneplain (26.97%) and active fluvial plain (18.50%), and smaller active fluvial surface Planitia (0.22%) and the intermontane valley (0.22%). For the soil map was joining existing files (shape) of works done from 2007 to the present, with the Geographic Information System (ArcGIS version 9.3) allowing the base to work with different scales (1:35 000 , 1:45 000, 1:50 000, 1:75 000) until homogeneous to 1:250 000, through the elimination of polygons is lower than 156 mappable using the minimum area. There were obtained representative profiles of 146 georeferenced soil physical and chemical analyzes. Later, there were realized the land reclassification and characterization of the second level using primary and secondary qualifiers, according to the manual called "World Reference Base for Soil Resources (WRB), to form the current soil database. Totaling 19 units from the larger group of statewide soils, Histosols, Fluvisols and Gleysols dominate. Placing within this very small units that had not been reported in previous years as the Calcisol, Ferralsol, Lixisol, Nitisol, Phaeozem and Technosol. For performing morphopedologic mapping, the program ArcGis 9.3 was used, started geomorphology and delimiting areas included in these soils. Within the plain beach ridges lies an area of 149039.74 ha mainly surface soils are more Arenosol Group (29.3%) and Histosol (34.5%) within the low flood plain lagoon with an area of 68808.2 ha the most dominant soils is Solonchak group (32.6%), marshy plain in Histosol group, within the Plateau are inactive Fluviodeltaica Fluvisol

and Cambisol soils, active river plain in the Gleysol; the peneplain of coastal terraces and Alisol Acrisol group, in karst terraces peneplain Leptosol group, in the intermountain valley Cambisol group in soft Lomerío has tipped the Alisol volcanic in Lomerío inclined shale-sandstone-siltstone the Acrisol and Alisol groups; in the Mountain karst inclined, we find the Leptosol and finally inclined Mountain shale-sandstone-conglomerate Alisol group.

**Palabras claves:** Geomorphology, relief, soil

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la sabiduría y entendiendo al dar un paso más y seguir adelante

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de formarme en esta gran institución y darme los conocimientos adquiridos al cursar la maestría en Ciencias en el Programa de Producción Agroalimentaria de Trópico del Campus Tabasco.

Al CONACYT por el otorgamiento de la beca durante los dos años de maestría.

Al INEGI por darme la oportunidad de ser participe en su investigación en el área de suelo de México.

A mi consejero el Dr. David Jesús Palma López, por su confianza, consejo y dedicación durante esta etapa de estudio pero sobre todo por su infinita paciencia

A mis asesores el Dr. Joel Zavala, Cruz, Francisco Bautista Zúñiga y el Dr., Francisco Gavi Reyes por sus consejos y sugerencias en apoyo a este trabajo de investigación

Al maestro Alberto Córdova Sánchez, Antonio López Castañeda y Marcos Antonio Morales Garduza, por su ayuda y consejos en este trabajo.

A mis amigos todos, porque con sus palabras y actitudes me mostraron su amistad y confianza.

## DEDICATORIA

A mi padre Jesucristo por darme la oportunidad de vivir en este mundo y alcanzar una meta más en mi vida

A mi amado esposo Alberto Córdova Sánchez quien con sus palabras me enseñó a ser más fuerte cada día y que juntos a lado de Dios podemos lograr muchas cosas.

A mis hijos Ángel Alberto y Karina quienes son parte fundamental de mí y quienes me acompañaron con sus sonrisas llantos y desvelos en esta etapa de estudio.

A mis padres José Antonio Jiménez de la Cruz y Lilia Ramírez Hernández quienes me apoyan siempre a seguir adelante y a luchar contra todo formando así una mujer con metas y aspiraciones y quien sabrá agradecerle grandemente

A mis hermanos Gamaliel, Adela, Magdalena, Karina y Estrella al estar siempre en mi corazón y con cada palabra de ellos me dan fuerza y ánimo para seguir adelante

A mi Hermano Juan Carlos López y mi hermana Noemí Carrillo quien en todo momento estuvieron con migo dándome consejos para salir adelante

A mis sobrinos Mónico, Cuauhtémoc, Cesar Isaac, Antonio, José Emmanuel e Isabela quienes son pequeñas personas pero muy fundamentales para instruirlos en el futuro de nuestro país.

A mis amigos y compañeros, por todo los momentos alegres que compartieron con migo (Elvia, Rosalva, Maricela, Reyna, Nelva, Mónica, Gavi, Luis).

A todos ustedes en el nombre de nuestro señor Jesucristo muchas gracias.



## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1. Generalidades .....	1
2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
2.2.1. Hipótesis .....	3
3 REVISION DE LITERATURA .....	4
3.1 Definición de Suelo .....	4
3.2 Factores de formación del suelo .....	5
3.3 factor Clima .....	7
3.4 Material parental .....	7
3.5 Factor Tiempo .....	8
3.6 factor Organismos .....	8
3.7 factor Relieve .....	9
3.8 Proceso de formación del suelo .....	10
3.9 Clasificación de suelos .....	10
3.10 Base referencial mundial del recurso suelo (WRB) .....	12
3.11 Taxonomía Americana (Soil Taxonomy) .....	13
3.12 Diferencias entre la Soil Taxonomía y la WRB .....	14
3.13 Levantamiento de suelos .....	14
3.14 Tipos de levantamientos .....	15
3.15 Cartografía de suelos .....	17
3.16 Sistemas de información geográfica (SIG) .....	17
3.17 Geomorfología .....	18
3.18 Algunos estudios realizados de Clasificación y Cartografía de suelos de Tabasco .....	19
4. BIBLIOGRAFIA .....	19
CAPÍTULO I GEOMORFOLOGÍA DE TABASCO: MARCO DE REFERENCIA PARA LOS LEVANTAMIENTOS DE SUELOS A ESCALA 1:250 000 .....	25
1.1 INTRODUCCIÓN .....	28

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
1.2.1. Ubicación del área de estudio .....	29
1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
1.3.1 Paisajes geomorfológicos .....	31
1.3.2 Planicie de cordones de playa .....	36
1.3.3 Planicie baja de inundación lagunar .....	37
1.3.4 Planicie palustre .....	38
1.3.5 Planicie fluviodeltaica inactiva.....	38
1.3.6 Planicie fluvial activa .....	39
1.3.7 Peneplanicie de terrazas costeras .....	40
1.3.8 Peneplanicie de terrazas cársticas .....	41
1.3.9 Valle intermontano.....	42
1.3.10 Lomerío suave a inclinado volcánico .....	42
1.3.11 Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas .....	43
1.3.12 Montaña inclinada cárstica.....	43
1.3.13 Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados .....	44
1.4 CONCLUSIONES .....	56
CAPITULO II. ACTUALIZACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL ESTADO DE TABASCO UTILIZANDO LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO WRB 2007 A ESCALA 1: 250 000 .....	64
2.1 INTRODUCCIÓN .....	67
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	68
2.2.1 Área de estudio .....	68
2.2.2. Metodología .....	70
2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	71
2.3.1 Acrisol (AC) .....	74
2.3.2 Alisol (AL).....	76
2.3.3 Arenosol (AR).....	77
2.3.4 Calcisol (CL).....	79
2.3.5 Cambisol (CM) .....	80
2.3.6 Fluvisol (FL).....	81

2.3.7 Ferralsol (FR).....	83
2.3.8 Gleysol (GL) .....	84
2.3.9 Histosol (HS) .....	86
2.3.10 Leptosol (LP) .....	87
2.3.11 Luvisol (LV).....	89
2.3.12 Lixisol (LX).....	90
2.3.13 Nitisol (NT).....	91
2.3.14 Plintisol (PT) .....	92
2.3.15 Phaeozem (PH) .....	93
2.3.16 Regosol (RG) .....	93
2.3.17 Solonchak (SC) .....	94
2.3.18 Tecnosol .....	95
2.3.19 Vertisol (VR).....	97
2.4 CONCLUSIONES .....	102
2.5 LITERATURA CITADA.....	103
CAPITULO III. MORFOPEDOLOGÍA DEL ESTADO DE TABASCO A ESCALA 1:250,000 .....	110
3.1 INTRODUCCIÓN .....	113
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	114
3.2.1 Ubicación del área de estudio .....	114
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	116
3.3.1 Planicie de cordones de playa .....	120
3.3.2 Planicie baja de inundación lagunar .....	121
3.3.3 Planicie palustre .....	122
3.3.4 Planicie fluviodeltaica inactiva.....	124
3.3.5 Planicie fluvial activa .....	125
3.3.6 Peneplanicie de terrazas costeras .....	126
3.3.7 Peneplanicie de terrazas carsticas .....	127
3.3.8 Valle intermontano.....	128
3.3.9 Lomerío suave a inclinado volcánico .....	128
3.3.10 Montaña inclinada cárstica.....	129
3.3.11 Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados .....	130

3.4 CONCLUSIONES .....	130
3.5 LITERARURA CITADA.....	132
CONCLUSIONES GENERALES.....	143

## INDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Diferencias entre la WRB y la Taxonomía Americana.....	14
Cuadro 2. Escalas representativas de un levantamiento de suelos .....	16
Cuadro 3. Superficies de los paisajes geomorfológicos del estado de Tabasco.....	32
Cuadro 4. Características morfométricas de los paisajes geomorfológicos de Tabasco	34
Cuadro 5. Relación de paisajes geomorfológicos y suelos de Tabasco .....	46
Cuadro 6. Relación de paisajes geomorfológicos con horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico de los suelos de Tabasco, de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2007 .....	48
Cuadro 7. Relación de paisajes geomorfológicos y calificadores de los suelos de Tabasco, de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2007 .....	49
Cuadro 8. Factores asociados al relieve que influyen en la evaluación de suelos por capacidad agropecuaria y aptitud para cultivos en Tabasco, con base en IMTA (1989)	50
Cuadro 9. Proyectos localizados realizados por diferentes investigadores a diferentes escalas.....	71
Cuadro 10. Superficie ocupada de los Grupos de suelos según el Referencial Mundial de Suelos (IUSS <i>et al.</i> , 2007) en el estado de Tabasco .....	74
Cuadro 11. Subunidades de suelos del Grupo Acrisol.....	76
Cuadro 12. Subunidades de suelos del Grupo Alisol.....	77
Cuadro 13. Subunidades de suelos del Grupo Arenosol .....	78
Cuadro 14. Subunidades de suelos del Grupo Calcisol.....	80
Cuadro 15. Subunidades de suelo del Grupo de Cambisol .....	81
Cuadro 16. Subunidades de suelos del Grupo Fluvisol .....	82
Cuadro 17. Subunidades de suelos del Grupo Gleysol .....	85
Cuadro 18. Subunidades de suelos del Grupo Histosol.....	87
Cuadro 19. Subunidades de suelos del Grupo Leptosol.....	89
Cuadro 20. Subunidades de suelos del Grupo Luvisol .....	90

Cuadro 21. Subunidades de suelos del Grupo Lixisol .....	91
Cuadro 22. Subunidades de suelos del Grupo Solonchak.....	95
Cuadro 23. Subunidades de suelos del grupo Vertisol .....	98
Cuadro 24. Descripción de los calificadores principales y secundarios determinados en los grupos de suelos de Tabasco, adaptado a partir del referencial mundial de suelos (IUSS <i>et al.</i> , 2007).....	99
Cuadro 25. Paisajes geomorfológicos y suelos del estado de Tabasco .....	119

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. El suelo como un sistema.....	5
Figura 2. Localización geográfica del estado de Tabasco .....	30
Figura 3. Paisajes Geomorfológicos del estado de Tabasco .....	33
Figura 4. Ubicación del área de estudio .....	69
Figura 5. Grupos de suelos del estado de Tabasco de acuerdo con el referencial mundial de suelos (IUSS et al., 2007). Fuente: elaboración propia .....	73
Figura 6. Ubicación geográfica del estado de Tabasco .....	115
Figura 7. Regiones geomorfopedológicas del Estado de Tabasco .....	118

# INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1. Generalidades

La importancia del estudio de suelos está basada en ser un ecosistema como lugar de hábitat de plantas y animales que en futuro va en aumento en el potencial productivo agrícola, pecuario y forestal. La constante evolución de la Ciencia del Suelo y el desarrollo de la investigación dentro de este ámbito han generado un mayor conocimiento, sobre todo en los procesos de formación.

Cabe mencionar que desde cualquier punto de vista ya sea social, económico y ambiental podemos mirar, un gran deterioro ambiental causado a los suelos, pues cada vez los problemas son más graves al aumentar erosión, disminución de la fertilidad y gran deforestación. Esto ha ocasionado que en el transcurso de los años los suelos hayan sufrido cambios en su desarrollo lo que ha provocado según Alcalá *et al.* (2001) que los sistemas de clasificación de suelos hayan sufrido grandes modificaciones y en la actualidad, los usados en México resulten obsoletos. Por lo tanto es necesario disponer de una clasificación actualizada de los suelos que permitan ordenarlos e identificarlos en el estado de Tabasco, y así ser plasmados dentro de una cartografía para facilitar su uso y manejo; de tal forma que en el futuro se establezcan alternativas de manejo adecuadas a las características de cada suelo, según su potencialidad, y que facilite seguir conservando el recurso.

Actualmente los estudios con los que se cuenta en el estado de Tabasco son los realizados por el INEGI del siglo pasado (años 70') y los realizados por el Colegio de Postgraduados sobre los Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable en el año 2007; por tal motivo se tiene la necesidad de actualizar los datos físicos y químicos, así como la cartografía y nomenclatura de los mismos. Con los avances de los Sistemas de Información Geográfica los estudios deben de ser realizados bajo este dominio, lo que permitirá que los datos y planos sean semejantes para su estudio.

En base a esto el objetivo principal es Actualizar la clasificación y caracterización de los suelos de Tabasco a escala 1: 250 000 realizando como inicio una actualización de la cartografía geomorfopedológica del estado de Tabasco a escala 1:250 000, dando



énfasis a las unidades de suelos. De esta manera tener una guía para el uso de los recursos naturales que son de gran utilidad en proyectos de ingeniería, de ordenamiento ecológico, impacto ambiental y de manejos de cuencas hidrológicas, análisis de riesgo y planeación agrícola entre otros (Geissert, 1999). Dando un enfoque a los sistemas de clasificación de suelos como son la base referencia mundial recurso suelos.

## **2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **2.1. Objetivo general**

Actualizar la clasificación y caracterización de los suelos de Tabasco a escala 1: 250 000.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Actualizar la clasificación de los suelos de Tabasco utilizando el sistema referencial mundial del recurso suelo.
- Actualizar el mapa de los suelos del estado de Tabasco usando como unidades cartográficas la unidad de suelos al tercer nivel (WRB) a escala 1:250 000.
- Caracterizar las unidades de suelos con base en datos actuales.
- Conocer la relación que existe entre los suelos y el paisaje geomorfológico

#### **2.2.1. Hipótesis**

La actualización de la clasificación de suelos en el estado de Tabasco ha dado origen a la denominación de nuevos calificadores.

Mediante la utilización de la cartografía de suelos a escala 1:250 000 se identificaron unidades de suelos al tercer nivel.

Existen suelos que no han sido descritos, caracterizados y clasificados a nivel estado de Tabasco

La distribución geográfica de los suelos del estado de Tabasco se relaciona con los paisajes geomorfológicos

### 3 REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 Definición de Suelo

El suelo es un cuerpo natural que se encuentra en la superficie de la tierra y que puede variar en profundidad (Porta *et al.*, 2003). Es un medio para el desarrollo de plantas terrestres ya sea que tenga o no horizontes el cual está formado por sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren sobre la superficie de la tierra, que ocupa un espacio y tiene una o ambas de las siguientes características: horizontes y capas que se diferencian del material inicial como resultado de adiciones, pérdida, transferencia y transformaciones de energía y materia (Soil Survey Staff, 2010).

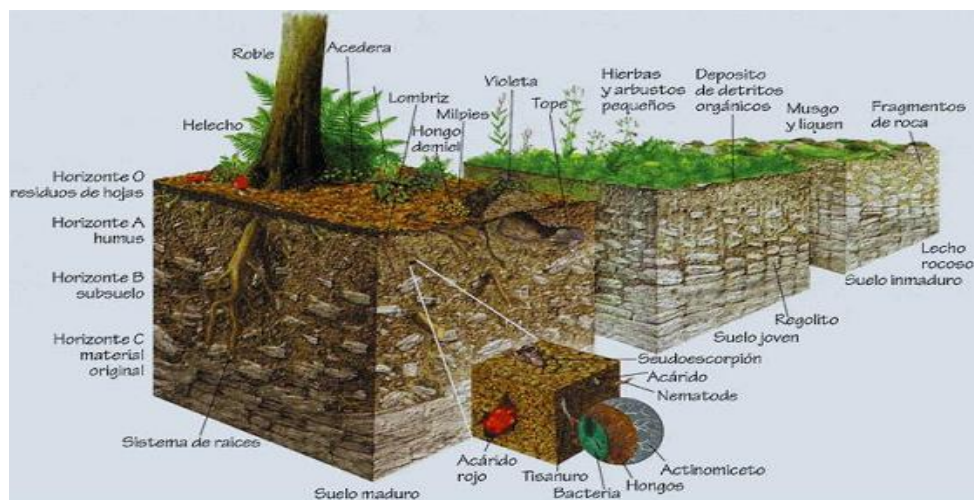
Ortiz-Villanueva y Ortiz-Solorio, (1990) definen el suelo como un cuerpo natural, creado por fuerzas naturales que actúan sobre materias naturales. Generalmente se dividen en niveles de elementos minerales y orgánicos de profundidad variable, que difiere del material original que hay debajo de ellos, en morfología, propiedades, composición química y características biológicas.

El suelo es uno de los recursos naturales de mayor significado para el hombre, se le considera como el medio natural para el desarrollo de las plantas terrestres y se le caracteriza por ser el resultado de la acción de los factores de formación, incluyendo al hombre y la tecnología (Ortiz-Solorio, 1992). Ortiz-Solorio y Cuanalo (1981), mencionan que el suelo se encuentra sobre la superficie de la corteza terrestre, soportando o siendo capaz de soportar plantas (Figura 1). Por lo tanto el suelo es el resultado de la acción combinada de un conjunto de factores formadores como son el clima, material originario, roca madre, organismos y tiempo; uno de los estudios de suelos más importantes y significativos en la historia fue de Dokuchaev, conocido como el padre de la ciencia del suelo, quien lo estudió a través de la realización de pozos, donde definió las variaciones conocidas hoy como morfología de suelos, y llamo como unidad de observación el perfil (Porta y Acevedo 2005).

Bautista *et al.*, (2005), menciona algunas funciones de los suelos como:

a) los suelos constituyen el medio natural en donde se desarrolla la vegetación y los cultivos agrícolas;

- b) en ellos se descomponen los residuos orgánicos y se reciclan los nutrientes;
- c) son reguladores de la calidad del agua y del aire, pues funcionan como un reactor: filtrando, amortiguando y transformando compuestos, entre ellos, los contaminantes;
- d) representan el hábitat de muchos organismos;
- e) son el medio de sostén de la estructura socioeconómica, habitación, desarrollo industrial, sistemas de transporte, recreación, etc.;
- f) son fuente de materiales como arcilla, arena, grava y minerales;
- g) son parte de la herencia cultural por cuanto albergan importantes tesoros arqueológicos y paleontológicos, fundamentales para conocer la historia de la tierra y la humanidad.



**Figura 1. El suelo como un sistema**

### 3.2 Factores de formación del suelo

La formación de un suelo es un proceso largo, de cientos a miles de años, por lo que es considerado como un recurso no renovable (Bautista y Palacios, 2005). Actualmente el suelo es reconocido como un ecosistema y como parte del medio biológico, ya que no hay suelo sin organismos

Aunque no se tiene una definición exacta de los factores de formación de suelo, algunos autores lo consideran como los fenómenos naturales inherentes a

intemperización que se presentan durante etapas que dan origen a los suelos (Ortiz-Solorio y Gutiérrez, 1999).

Ya desde los tiempos de Dokuchaev se planteó que el conocimiento de los suelos es el medio de dominarlos y dirigirlos con objetivos aplicados a la agricultura, la silvicultura la higiene y su mejoramiento; por tal motivo estableció 5 factores de formación de suelos: el clima, las rocas madres, el relieve, organismo vivos y vegetación, y la edad o tiempo de formación (Hernández *et al.*, 2006).

Y para 1941 Jenny desarrollo mejor ese planteamiento propuesto por Dokuchaev estableciendo que el suelo estaba formado en función del clima (cl), organismos (o), material original (m), relieve (r) y tiempo (t), y por lo tanto propuso la siguiente función:

$$S = F (m, cl, o, r, t).$$

Así mismo Seguidores de Dokuchaev, (1883) (Sibirtsev, Glinka, Zajarov, Kostichev, Williams y otros) y sobre todo los estudios de Jenny dejaron muy bien establecido la importancia de cada factor de formación así mismo su correlación que existe entre ellos (Hernández *et al.*, 2006).

Bricchis y Degioanni, (2006) mencionan que, las características de un suelo son el producto de interacciones de los denominados factores de formación (clima, biota, material originario, relieve y tiempo), actuando a través de los procesos de génesis. Por su parte Ortiz y Dorronsoro, (2000) mencionan que estos factores formadores controlan el tipo e intensidad de los procesos edafogénicos, al tiempo que gobiernan también los procesos geomorfológicos y que la evolución del paisaje ésta relacionada íntimamente con el desarrollo de los suelos.

Esto significa que el suelo es una función de la acción conjunta de cinco factores. Este proceso de formación es una secuencia de sucesos que incluyen reacciones complejas de sus componentes, en donde pueden ocurrir numerosos procesos al mismo tiempo o en secuencia alternada (Bricchis y Degioanni, 2006). Mientras que los factores sean constantes el suelo será el mismo, y si cambia uno o varios factores se tendrá un suelo diferente (Arias, 2001).

### **3.3 factor Clima**

El efecto del clima como factor de formación de suelo es considerado como el más importante. Su frecuencia modifica el suelo y es el gran moderador de la superficie terrestre, el cual decide la distribución de los organismos en flora y fauna (Arias, 2001). Dentro de los elementos del clima los que más influye en la formación de suelo son: la radiación solar y los procesos dinámicos de la atmosfera que trasladan la humedad (precipitación) y el calor (temperatura) (Hernández *et al.*, 2006). Las cuales son las variables que actúan como agentes catalizadores de la descomposición del material parental y de los pocos residuos orgánicos que son incorporados al suelo.

La temperatura favorece la velocidad de las reacciones químicas, la formación de la materia orgánica, la actividad biológica y la descomposición de la roca; la precipitación que es de una manera generalizada escasa hace que los suelos presenten altas saturaciones de bases y acumulación de sales y sodio; además, estas acumulaciones de sales y sodio son atribuidas también a los vientos que soplan desde el mar, transportando sales.

De igual manera penetra en las fisuras de las rocas o interrelaciona con los sedimentos y provoca reacciones químicas de hidrólisis y carbonatación que da lugar a transformaciones mineralógicas que conjuntamente con la acción de los residuos vegetales conlleva a la formación del suelo (Hernández *et al.*, 2006).

### **3.4 Material parental.**

El material parental como el relieve es considerado como pasivos, sobre los que actúan el clima, los organismos y el hombre a lo largo del tiempo. La composición física química y mineralógica del material parental es importante para determinar las características del suelo, especialmente durante las primeras etapas de su desarrollo. Los cuales se asemejan a los materiales de origen (Solleiro y Gama, 2011),

Desde los precursores de Dokuchaev, (1883) indicaron que los materiales originales eran un factor importante en la formación del suelo por tal motivo los métodos iniciales de investigación y clasificación se basaron en la geología y composición de los

materiales formadores de suelos e indicaron que cuanto más joven es el suelo mayor será la influencia en relación con el material parental (Buol *et al.*, 2000).

Solleiro y Gama, (2011), menciona que actualmente a ciencia del suelo considera tres orígenes el geológico, orgánico y antropogénico. De acuerdo a su geología Fitzpatrick, (1984) plantea una clasificación basada en las características minerales y organogénicos, reconocibles en campo y laboratorio, proponiendo nueve tipo de materiales parentales de acuerdo a su composición química y mineralógica: cinco son relacionadas con el contenido ferromagnéticos, otras de acuerdo a la proporción de carbonatos, la séptima y octava por el contenido de sales y la última por la cantidad de materia orgánica (Gama-Castro *et al.*, 1998).

De esta manera se reconocen como materiales parentales las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, así como sedimentos no consolidados de diferentes orígenes.

### **3.5 Factor Tiempo**

El tiempo es un proceso pedogenético que se refiere a un periodo en el que alcanza un estado estático o de casi equilibrio con el ambiente de tal forma que produce propiedades pedogénicas perturbables con el tiempo (Sergey y Solleiro, 2011).

Arnold *et al.* (1990) consideran que el tiempo es característico de un proceso pedogenético que se refiere al periodo en que alcanza un estado estático o de casi equilibrio con el ambiente de tal forma que produce propiedades perdurables en el tiempo. El suelo, al igual que los organismos, cambia con el paso del tiempo y gradualmente desarrolla nuevas características conforme avanza desde la juventud hasta la verdadera madurez.

### **3.6 factor Organismos**

De acuerdo a Gisbert e Ibañez, (2002) el factor organismos incluye tanto los vegetales como los animales de tamaño grande (macroorganismos) como pequeños (meso y microorganismos); y es considerado como un factor activo en la formación de los suelos

ya que participa, no solo en la desintegración del material parental, sino también en la producción y descomposición de los materiales orgánicos.

La actuación de este factor sobre el suelo involucra acciones muy diversas como la translocación mecánica de partículas, la transformación y producción de síntesis de sustancias, la organización espacial (estructura), la producción y el consumo de nutrientes, la intervención sobre el pH y el potencial de óxido reducción del medio; estas acciones repercuten a su vez sobre la biología del suelo (microorganismos).

La vegetación (organismos), actúa de cuatro modos diferentes sobre la evolución del suelo:

- Por el microclima que favorece.
- Por la profundidad de enraizamiento:
- Por el tipo de humus que produce.
- Por la protección más o menos eficaz contra la erosión:

### **3.7 factor Relieve**

El relieve comprende las deformaciones terrestres distadas por la geomorfología del paisaje (Chorley *et al.*, 1984) e interactúa con los otros factores formadores (clima y biota) de manera dinámica determinando diferentes paisajes y diferentes unidades de suelos (1994) De igual manera el relieve es el resultado de los agentes de deformación del paisaje (intemperismo y erosión) lo que a su vez repercuten en la diversidad del suelo en una región (Conjuste y Gutierrez 2011).

El relieve afecta el desarrollo genético de varias formas, entre las más importantes esta la altitud, la forma, magnitud y orientación cardinal de la pendiente y la posición del terreno con respecto al paisaje (Brady y Weil, 2009). Bautistas *et al.*, (2005) menciona que el relieve determina la diferenciación de otros elementos como agua, suelo, vegetación, entre otros, así como diferentes actividades humanas. Por ello la posición geográfica, geología y relieve son considerados principalmente como causantes de la variación ambiental (FAO-UNESCO, 1970).

La posición del terreno dentro del paisaje integra los efectos de los factores integradores en la pedogénesis y desarrollo pedológico de los suelos (Brady y Weil, 2009).



### **3.8 Proceso de formación del suelo**

Los procesos formadores son aquellos que provocan los cambios en el suelo y son la causa de la evolución a lo largo del tiempo; dentro de este se agrupan procesos específicos (disolución, hidratación, hidrólisis, dilatación, carbonatación, oxidación, reducción, etc.) y compuestos (calcificación, gleificación, podzolización, salinización etc.) que son los responsables de la génesis de un suelo, por lo que se les denomina procesos edafogénicos (Porta *et al.*, 2003).

Estos mismos autores mencionan que la meteorización física es la desagregación mecánica de la roca, con disminución del tamaño de los fragmentos y aumento de la superficie de exposición, sin que se produzcan cambios apreciables en la mineralogía de los constituyentes de la roca. La meteorización química es la transformación de tipo químico y mineralógico, se caracteriza porque las transformaciones que afectan a la roca, dan lugar a la mezcla de minerales y la meteorización biológica que después será condicionada y ligada a la acción de la materia orgánica.

La interacción de los factores de formación de suelos conducen a la transformación, como resultado de procesos de síntesis, descomposición y translocación de sustancias que conllevan a la diferenciación del suelo en capas u horizontes, conformando así el perfil del suelo (Hernández *et al.*, 2006).

### **3.9 Clasificación de suelos**

La Clasificación de suelos es un lenguaje científico de la edafología y por ello presenta gran importancia no solo para todos los especialistas en génesis sino para todos los que trabajan con suelos. Además, por medio de la clasificación los edafólogos explican la situación del suelo y él cómo se forma (Porta *et al.*, 2003).

Los sistemas de clasificación son creados para facilitar la comunicación, con sus limitaciones inherentes. Por lo cual simplifican la complejidad y el continuo del mundo por la tendencia necesaria a desarrollarse. Los suelos son descritos por muchos tipos de sistemas de clasificación, el primer criterio que se afronta es la definición de suelo mismo. La constante evolución de la Ciencia del Suelo y el desarrollo de la investigación dentro de este ámbito han provocado un mayor conocimiento, sobre todo en los procesos de

formación, lo que ha generado que los sistemas de clasificación de suelos hayan sufrido grandes modificaciones (Alcalá *et al.*, 2001)

Krasilnikov y García, (2005), mencionan que la clasificación de suelos en México, se inició utilizando diversas clasificaciones en el mundo, destacando los trabajos desarrollados por Macías en 1930 y Ortiz Monasterio en 1950 y 1968, otros comprenden los trabajos de Aguilera, quien empleó la 7ª Aproximación de la Taxonomía de suelos editada por el Desarrollo de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en estudios edáficos de las zonas templadas, frías, del trópico húmedo, subtropical, y en zonas áridas y semiáridas del país

La clasificación de suelos se considera como la base científica del estudio de suelos. Actualmente existen más de 20 sistemas de clasificación de suelos en el mundo y hasta el momento los dos sistemas de clasificación que se usan en México son: Taxonomía Americana (Soil Survey Staff, 2010) y la Base referencial mundial del recurso suelo conocida como WRB (IUSS *et al.*, 2007) (Bautista y Palacios, 2005), (este último es reconocido por la NOM-021RECNAT (2000)

La clasificación de suelos tiene como finalidad el ordenamiento con base en las características principales, de tal manera que el nombre permite dar información sintetizada, conformándose como un medio de comunicación que es necesario para la toma de decisiones relacionada con la propagación de técnicas exitosas (Bautista y Palacio, 2005).

Propósitos de la clasificación de suelos (Bautista *et al.*, 2005)

Organiza el conocimiento para poder comunicar la impresión de la naturaleza de un suelo con relación a otro.

1. Extraer y entender la relación y principios en la población que clasificamos para seleccionar, para seleccionar, las propiedades usadas como criterios para clasificar.
2. Recordar las propiedades de los suelos clasificados.
3. Aprender nuevas relaciones y principios de la población que se está clasificando.

4. Establecer grupos o subdivisiones de los suelos que se estudian, para identificar sus mejores usos, estimar su productividad y predecir su comportamiento. Esto es muy importante en el desarrollo de la agricultura.

### **3.10 Base referencial mundial del recurso suelo (WRB)**

La WRB es un sistema de clasificación comprensivo que inicia con la primera edición en 1998, donde la FAO publicó la última variante de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB), 30 grupos de suelos y una gran cantidad de unidades de segundo nivel. Para el año 2006 se introdujeron dos nuevos grupos (Tecnosoles y Stagnosoles) por lo que actualmente se tienen 32 grupos mayores de suelos. El sistema de clasificación consiste en la combinación de un conjunto de calificadores del grupo I y grupo II con una definición única, agregados al nombre de grupo mayor, permitiendo la caracterización y clasificación muy precisa de los perfiles de suelos individuales, presentando por ello 3 niveles categóricos (IUSS *et al.*, 2007)

El objetivo principal de la base referencial recurso suelo es proporcionar profundidad y base científica a la leyenda revisada de FAO 1998, incorporando los últimos conocimientos relacionados en el recurso suelos y sus interrelaciones. Para incluir algunos de los más recientes estudios pedológicos y para expandir el uso de sistemas desde una base agrícola a una ambiental, más amplia.

Los principios generales sobre los que se basa la WRB según Porta y López, (2005), son los siguientes.

- La clasificación se basa en propiedades de suelos definidas en términos de horizontes de diagnóstico y características que tienen en cuenta los procesos formadores.
- No se aplica parámetros climatológicos para la determinación de suelos, ni para su clasificación
- Permite correlaciones con los sistemas utilizados para cada país, facilitando la comunicación a nivel internacional.

- El primer nivel jerárquico es el de suelo.
- El segundo nivel jerárquico (categoría baja) es la unidad de suelo, definida por medio del empleo de un conjunto de prefijos calificadores, para tener en cuenta un proceso formador secundario y para reflejar variaciones espaciales y poder establecer relaciones dentro del paisaje.
- El tercer nivel jerárquico debe acomodarse a la diversidad local nivel de país, para dar mayor énfasis a los rasgos del suelo que sean importantes para el uso y manejo del suelo.
- La WRB se basa en la leyenda revisada del Mapa del suelo del Mundo (FAO, 1970).
- La nomenclatura utilizada para cada grupo retiene la nomenclatura tradicional e introduce términos fáciles para el lenguaje común.

### **3.11 Taxonomía Americana (Soil Taxonomy)**

Es uno de los sistemas de clasificación más ampliamente utilizados a nivel internacional, el cual permite la clasificación de suelos de origen desconocido y por lo tanto es flexible y abierta a modificaciones a medida que el conocimiento del suelo se incrementa (Soil Survey Staff, 1999).

Fue creado por la escuela norteamericana la cual a partir de la publicación de la 7ª aproximación en el año de 1960 y la adopción como sistema de clasificación de los estados unidos en 1975, se optó por convertir en un sistema internacional y para su evaluación y modificación en diferentes partes del mundo (Ortiz-Solorio y Gutiérrez, 1999).

La "Taxonomía de suelo" constituye un sistema internacional de referencia y se basa en propiedades que se pueden observar de forma objetiva; el esquema de clasificación consta de 6 niveles (orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie) y actualmente comprende 12 órdenes de suelo (Soil Survey Staff, 2010). Esto significa que se requiere de la clasificación de los suelos con los nuevos criterios de la Taxonomía de Suelos, con el fin de establecer si el nombre que se otorgue refleja sus características intrínsecas.

Porta *et al.* (2003), menciona los criterios que utiliza este sistema para permitir la clasificación de suelos, las cuales son:

- Separa los suelos minerales y orgánicos.
- Utiliza horizontes y características de diagnóstico.
- Régimen de humedad.
- Régimen de temperatura.

### 3.12 Diferencias entre la Soil Taxonomía y la WRB

Las principales diferencias que existen entre estos dos Sistemas de clasificación son: el sistema de clasificación WRB usa terminología tradicional porque conservo la mayoría de los nombres usados en sus versiones anteriores además de auto explicativa, mientras que el sistema SoilTaxonomy es auto explicativa además toma en cuenta régimen de humedad y temperatura el cual la WRB no utiliza, como se muestra en el Cuadro 1 (Bautista *et al.*, 2005).

**Cuadro 1. Diferencias entre la WRB y la Taxonomía Americana**

	Soil Taxonomía	WRB
Terminología	Auto explicativa	Tradicional + Auto explicativa
Horizontes de diagnóstico	Sí	Si
Régimen de humedad	Si	No
Régimen de temperatura	Si	No
Propiedades de diagnóstico	Si	Si
Subdivisiones	Ordenes, subórdenes, c. 12 ordenes	Grupos de suelos, unidades de suelos, etc. 30 grupos

Fuente: Porta *et al.* (2003)

### 3.13 Levantamiento de suelos

Un levantamiento de suelos es aquel que describe las características de los suelos en un área determinada y se realiza como un procedimiento técnico para el estudio de un terreno y perfiles de suelos. Esto se realiza en diferentes grados de precisión y detalle, según las necesidades del conocimiento (Ver cuadro 2) (Niboyski, 2002).

Young, (1976), menciona que existe una jerarquía de mapas de suelos y levantamientos a diferentes escalas, en los que se emplean distintos métodos e intensidades de muestreo y cada uno de ellos tiene diferentes propósitos, como posibilitar la realización de predicciones más precisas, numerosas y útiles sobre especificaciones de la tierra.

Para Ortiz-Solorio y Gutiérrez, (1999) los levantamientos de suelos son metodologías para estudiar y describir sistemáticamente el suelo y a través de su interpretación, se puede predecir su comportamiento con diferentes usos y tipos de manejo, el cual se basa principalmente en el estudio del terreno y perfiles de suelo.

El objetivo de un levantamiento de suelo es describir las características y propiedades de los suelos en un área determinada, clasificar los suelos y situar su límite en un mapa lo cual permite planear con mayor precisión un mejor uso y manejo (Porta *et al.*, 2003).

Dentro de esta metodología de levantamientos se encuentran los cartográficos ya que su finalidad es saber el grado de precisión, la metodología y la escala óptima para la elaboración de un mapa a través de criterios como precisión, expresión, legibilidad, eficacia y leyenda (Porta y Acevedo, 2005).

El procedimiento técnico para el estudio de los suelos es a través de “levantamientos” que se basa en el estudio del terreno y perfiles de suelos. Y se realiza a diferentes grados de precisión y detalle, según las necesidades de conocimiento que se requiera, las características de la región y la disponibilidad de equipo

### **3.14 Tipos de levantamientos**

En un levantamiento de suelo se requiere saber cuál es el objetivo para realizarlo y de acuerdo a ello se determina el tipo de levantamiento, esto con el propósito de definir el grado de detalle requerido (Niboyski, 2002). El levantamiento de suelos depende de la escala, el tamaño de la región y de los objetivos se requiera conocer (Cuadro 2).

El levantamiento exploratorio o esquemático: tipo de levantamiento en el que obtiene mapas de suelo a nivel de territorios nacionales o continentes y se describen como suelos dominantes.

- a) Levantamiento de reconocimiento: solo permite la representación cartográfica de asociaciones de suelos. Levantamiento semidetallado: se utiliza para determinar la aptitud de los principales tipos de tierra y conocer el potencial del desarrollo agrícola de una región determinada.
- b) Levantamiento detallado: se utiliza para distinguir tipos de suelo, principalmente para uso agrícola, es posible determinar los manejos más apropiados para cada tipo de suelo.
- c) Levantamientos intensivos: estos son apropiados para la realización de un mapeo detallado, en unas pocas hectáreas se pueden cartografiar atributos específicos de los suelos. (Porta *et al.*, 2005).

Para la realización de un levantamiento de suelo es necesario saber que escala se requiere, debido a que es un elemento muy importante dentro de la cartografía de suelos y por ello es necesario definirla en un levantamiento edafológico desde el principio

**Cuadro 2. Escalas representativas de un levantamiento de suelos**

<b>INTERVALO DE ESCALA</b>	<b>DENOMINACION DE LA ESCALA</b>	<b>UNIDAD CARTOGRAFICA/ DE BASE</b>
Menor de 1:500.000	Muy pequeña	>625 ha
100.000-500.000	Pequeña	25-625 ha
25.000-100-000	Mediana	1,5-25 ha
10.000-25.000	Grande	2.500-15.625 m <sup>2</sup>
Mayor de 1:10.000	Muy grande	<2.500m <sup>2</sup>

Fuente: (Porta y Acevedo, 2005)

Ortiz-Solorio, (1992), menciona que dentro de la problemática de un levantamiento de suelos y de acuerdo a los estándares internacionales, en México se reflejan tres restricciones, como son: el costo, el tiempo de realización y el personal calificado.

### **3.15 Cartografía de suelos**

Niboyski, (2002), menciona que la cartografía de suelos es uno de los instrumentos más importantes de la Edafología y se considera una herramienta esencial para la explotación y conservación del recurso. Así, la elaboración de mapas de suelos son especialmente útiles para la planificación de toda actividad vinculada al recurso suelo.

Para Ortiz-Solorio, (1992), el sistema de cartografía de suelos es un medio de estudio donde las unidades cartográficas de suelos, muestran por medio de divisiones, un área geográfica, sobre los suelos estudiados, la localización específica que ocupa y sus límites con otros suelos. Que nos sirve para describir sus características y propiedades, clasificar y situar sus límites en un mapa con el propósito de conocer la distribución de los mismos Krasilnikov, (2006).

El sistema de cartografía se puede realizar por medio de muestreo libre, muestreo sistemático y/o verificación de linderos, con la finalidad de comprobar que dentro de un área se tiene una misma clase de suelo, esto a través de observaciones por medio de barrenaciones y así aprender a reconocer un perfil de suelo a través de claves. Entre los métodos más usados o más conocidos como tipos de cartografía están: cartografía libre, cartografía por malla, cartografía fisiográfica, cartografía por volúmenes homogéneos (Ortiz-Solorio, 1992).

### **3.16 Sistemas de información geográfica (SIG)**

Los SIG son definidos como un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permite la organización en bases de datos referenciadas espacialmente (Otero, 1999). Esta herramienta (SIG) se empezó a generalizar a partir de la década de los 80, con el objetivo de gestionar bosques y superficie en Canadá y se han constituido como una estrategia fundamental para procesar e integrar información compleja en apoyo a este tipo de investigación (Rodríguez *et al.*, 2006).

En la actualidad son herramientas necesarias para superar la visión sectorial y consolidar una comprensión integral del territorio y constituyen una de las mayores revoluciones dentro del campo de la Geografía y puede considerarse insertada dentro



de lo que se denomina actualmente la “sociedad de la información” (Gutiérrez y Gould, 1994).

Bannister *et al.* ( 2002) indica que la elaboración de la cartografía de suelos debido a que posee una base de datos de atributos que va ligada a cada unidad cartográfica, facilitando los análisis y el desplegado, así como correcciones en la fase de campo.

### **3.17 Geomorfología**

La geomorfología es la ciencia que estudia el relieve, investiga los procesos que lo crean y explica su desarrollo y transformación. Esta ciencia trata del material originado por los procesos geomorfológicos (depósitos de materiales como arena y grava) y las formas de relieve (Geissert *et al.*, 2008).

La FAO-UNESCO, (1970) menciona que esta ciencia investiga los procesos que lo crean, y explican su desarrollo y su transformación y que sus diferentes condiciones climáticas y geomorfológicas a lo largo del tiempo han condicionado la formación de numerosas clases de suelos, las cuales presentan diferentes tipos de aptitud, función y vulnerabilidad, por lo que los principales factores que se consideran como causantes de la variación ambiental del país son: posición geográfica, geología y relieve

Los rasgos geomorfológicos de una región se consideran como una guía para identificar el uso de los recursos naturales, la ubicación de los asentamientos humanos y las actividades básicas de una región. Donde el medio geomorfológico es un recurso que trata del material originado por los procesos geomorfológicos y las formas de relieve que presentes. Todo ello a través de los resultados de agentes de formación del paisaje como son el intemperismo y erosión, que repercuten en la diversidad del paisajes (Krasilnikov *et al.*, 2011). Bautistas *et al.* (2005) por su parte indica que el relieve determina la diferenciación de otros elementos como agua, suelo, vegetación, entre otros, así como diferentes actividades humanas. Por ello la posición geográfica, geología y relieve son considerados principalmente como causantes de la variación ambiental (FAO-UNESCO, 1970).

### **3.18 Algunos estudios realizados de Clasificación y Cartografía de suelos de Tabasco**

Dentro de los estudios más reciente es el de cartografía de suelos, evaluación de recursos naturales y de diagnóstico de carácter agropecuario como son: clasificación y cartografía de los suelos con aptitud para el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guinensis jacq.*) en el estado de Tabasco (Palma-López *et al.*, 1997); otro fue Cartografía de suelos, uso actual de suelo y microcuenca de la zona piloto Samaria-Íride, Cactus-Nuevo PEMEX Giraldas y Cinco Presidentes (Zavala *et al.*, 1998); Cartografía de suelos, uso actual y vegetación del área de influencia de las baterías Jujo, Tecominoacan, Artesa y CPG Ciudad PEMEX, Tabasco (García *et al.*, 1999). En el 2006, se continuó con los estudios basados en recomendación de fertilidad en suelos con caña de azúcar para los Ingenio Pujiltic, (Salgado *et al.*, 2006) en el 2007 se realizó un estudio sobre los suelos de Tabasco: su uso y manejo Sustentable. Para el 2008 en el Azuremex (Salgado *et al.*, 2008) y en el Ingenio Presidente Benito Juárez, donde fue utilizado el sistema de clasificación de suelos; con esta información se generó la cartografía de suelos, existentes en área de estudio (Salgado *et al.*, 2009); en ese mismo año se realizó el de Diagnostico de áreas productoras para palma de aceite en el municipio de Tenosique y Bálancan Tabasco dado un enfoque sobre la clasificación y caracterización de suelos con aptitud para palma de aceite. Y sobre Geomorfología, suelo, uso del suelo y capacidad de uso rural y urbano en subcuencas y zona conurbada de Villahermosa, Tabasco (Zavala *et al.*, 2011), con el tema Degradación y Conservación de suelos en la cuenca del rio Grijalva, Tabasco, el de Suelo y Vegetación de la Cuenca Baja del Rio Tonalá (Zavala *et al.*, 2012).

## **4. BIBLIOGRAFIA**

- Alcalá M. J., C. A. Ortiz-Solorio, M. C. Gutiérrez- Castorena. 2001. Clasificación de los suelos de la Meseta Tarasca. TERRA Latinoamericana 19: 227-239.
- Arias Jiménez A. C. 2001. SUELOS TRÓPICALES; Editorial, universidad estatal a distancia San José Costa Rica. 188 p.

- Arnold R. W., I. Szabolcs, O. Targulian V., 1990. Global soil change. Report on HASA.ISSS-UNEP. Task force on the role of soil in global change. International Institute for Applied Systems Analysis, Luxemburg. Austria.
- Bautista Z. F. y G. Palacio A. 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán. Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. INE-Universidad Autónoma de Yucatán y Universidad Autónoma de Campeche 181 p.
- Bautista F., D. J. Palma-López, W. Huchin-Mata. 2005. Actualización de los suelos del estado de Yucatán. En F. Bautista y G. Palacios (Eds). Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán: aplicaciones agropecuarias, forestales ambientales. Universidad autónoma de Campeche. Universidad autónoma de Yucatán. Instituto nacional de ecología. pp: 105-122.
- Bricchis E. y A. Degioanni. 2006. Sistema Suelo: Su origen y Propiedades Fundamentales. Editorial: Fundación Universidad Nacional Del Río., Argentina. 227 p.
- Bannister A., S. Raymond, R. Baker. 2002. Técnica Moderna en Topografía. 7a edición. Editorial Alfa y Omega. México. 569 p.
- Buol W. S., F. Hole D., R. McCracken J. 2000. Génesis y clasificación de suelos. Tercera reimpresión. Edit. Trillas. México, D.F. 417 p.
- Brady, N.C., and R.R. Weil. 2000. Elements of the nature and properties of soils. 559 p. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. 614 p.
- FAO-UNESCO. 1970. Manual de Clasificación de suelos (modificada por DETENAL)
- Fitzpatrick, E. A. 1984. Suelos: su formación, clasificación y distribución. 1ª. Edición. Editorial CECSA. México D.F. 430 p.
- Gama-Castro J., D. Carron Feyre, S. Palacios Mayorga, E. Solleyro Rebolledo. 1998. Génesis, identificación de usos de suelos de México: Distribución propiedades,

Clasificación y manejo de suelos residuales y transportando con aplicaciones a la ingeniería civil. Documento técnico 19, instituto mexicano de transporte. 144 p.

Geissert KD, Ibáñez A. 2008. Calidad y ambientes físicos de los suelos. En: Manson RH, Hernández-Ortiz V, Gallina S, Mehlreter K (Eds). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto de Ecología. Instituto Nacional de Ecología. DF. pp: 213-221.

Hernández J. A., M. O. Ascanio G., M. Morales Díaz, J. I. Bojórquez S., N. E. García C., J. D. García P. 2006. EL SUELO: fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo: primera edición, Universidad Autónoma de Nayarit. 261 p.

IUSS grupo de trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización traducida al español por Mabel Susana Pazos. Informe sobre Recursos Mundiales de suelos No. 103. FAO, Roma. 127p.

Jenny, H. 1941. Factors of soil Formación, a System of Quantitative Pedology. McGraw-Hill. New York. 281 p.

Krasilnikov P., García C. N. E., 2005. El uso de la WRB para la cartografía de los suelos en México. (En línea). Disponible [mapserver.inegi.gob.mx/webdocs/cng2005PP/k%WRB-PAVEL.PPT](http://mapserver.inegi.gob.mx/webdocs/cng2005PP/k%WRB-PAVEL.PPT). (Revisado el 15 de marzo 2011).

Krasilnikov P. 2006. La cartografía de suelos. In memoria del XXVI Congreso Diplomado Internacional de Edafología Nicolás Aguilera. Coordinados por DACB de La Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 10 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario oficial. 2da edición. 75 p.

- Ortiz Solorio. C. A. y H. Cuanalo de la C. 1981. Introducción a los Levantamientos de Suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo México.
- Ortiz Solorio C. A. 1992. Levantamientos de suelos. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. 99 p.
- Ortiz S., C. A. y Ma. Del C. Gutiérrez C. 1999. Fundamentos de la pedología. Especialidad de edafología. Instituto de recursos naturales. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo Texcoco, edo. de México. 104 p.
- Ortiz-Villanueva B. y C. H. Ortiz-Solorio. 1990. Edafología. Séptima edición UACH. Chapingo edo de México. 339 p.
- Ortiz, I. M., F. Dorronsoro C. y Simón M. 2000. Análisis de una cronosecuencia de suelos. Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Univ. De Granada Edafología. Vol. 7. Pp: 169-175.
- Palma López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C., J. A. Rincón R. 2007. Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados campus Tabasco- ISPROTAB-FRUPROTAB. Villahermosa Tabasco. 74 p.
- Porta C. J., M. López-Acevedo y C. Roquero. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa España. 929 p.
- Porta C. J., y López-Acevedo. 2005. Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-prensa. España. 541 p.
- Salgado G. S., D.J. Palma-López, L.C Lagunés-Espinosa, M. Castelán Estrada. 2006. Manual para el muestreo de suelos Plantas y Agua Análisis e Interpretación. Colegio de Postgraduados-campus Tabasco ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México. 90 p.
- Salgado-García S., D. J Palma-López, J. Zavala-Cruz, L. C. Lagunes E, C. F Ortiz-García, M. Castelan-Estrada, A. Guerrero-Peña, E. Moreno-Cáliz, J. A Rincón-

Ramírez. 2008. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar: Ingenio Azuremex. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. México. 102 p.

Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., L. C. Lagunés E., M. Castelán-E., C. F. Ortiz-García, F. Juárez-López, O. Ruiz-Rosado, L. Armida A., J. A. Rincón-Ramírez. 2009. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar: Ingenio Presidente Benito Juárez Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 78 p.

Soil Survey Staff., 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys Agricultural Handbook. 2da edition. United States Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service Washington DC, USA. 869 p.

Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. Tenth Edition. USDA, Natural Resources Conservation Service. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. 331 p.

Sergey Sedov y E. Solleiro Rebolleiro. 2011. El tiempo como factor de la variabilidad y distribución geográfica de los suelos. En: Krasilnikov Pavel, F. J. Jimenez Nava, Reyna-Trujillo T. N., E. García Calderón (Comp) Geografía de suelos de México. Universidad Nacional autónoma de México pp: 87-98.

Solleiro Rebolleiro E. y J. E. Gama C. 2011. Material parental como factor geográfico en la distribución de suelos. En: Krasilnikov Pavel, F. J. Jimenez Nava, Reyna-Trujillo T. N., E. García Calderón (Comp) Geografía de suelos de México. Universidad Nacional autónoma de México pp: 41-56.

Zavala C. J., D. J. Palma-López, M. Jasso J., E. Garcia L., A. I Ortiz C., R. Ramos R., A. Guerrero P., S. Salgado G. 1998. Cartografía, uso actual y vegetación del Activo Cinco Presidente, Campus Tabasco. H. Cardenas Tabasco. 74 p.

Zavala C. J, D. J. Palma-López, C. R. Fernández-Cabrera, A. López C, E. D. Shirma-Torres. 2011. Degradación y Conservación de suelos en la cuenca del río Grijalva, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Secretaria de Recursos naturales y protección ambiental y PEMEX. Villahermosa Tabasco México. 90 p.

Zavala C. J., E. García L., A. López C. 2012. Aspectos ambientales de la cuenca baja del Río Tonalá. En Zavala C, García L (Eds) Suelo y Vegetación de la Cuenca Baja del Río Tonalá, Tabasco. Publicación especial del Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 142 p.

**CAPÍTULO I GEOMORFOLOGÍA DE TABASCO: MARCO DE REFERENCIA PARA  
LOS LEVANTAMIENTOS DE SUELOS A ESCALA 1:250 000**



# **GEOMORFOLOGÍA DE TABASCO: MARCO DE REFERENCIA PARA LOS LEVANTAMIENTOS DE SUELOS A ESCALA 1:250 000**

**Raquel Jimenez Rmirez**

**Colegio de postgraduados**

## **Resumen**

Los estudios geomorfológicos delimitan las formas del relieve de una región partiendo de su estructura y morfogénesis, y con frecuencia las geoformas determinan la diferenciación de los suelos. Por ello el objetivo de este trabajo fue actualizar el mapa geomorfológico del estado de Tabasco a escala 1:250 000, con el fin de generar conocimientos sobre la distribución geográfica y variables del relieve que contribuyen a la formación de los suelos. Se recopiló cartografía sobre geomorfología, geología y topografía a escala 1: 250 000, así como ortofotomapas escala 1: 30,000, imágenes de satélite SPOT y un modelo digital de elevación de INEGI, para precisar los linderos de paisajes geomorfológicos de acuerdo al enfoque geopedológico. Tabasco forma parte de dos provincias fisiográficas: LLanura Costera del Golfo Sur (LLCGS) y Sierras de Chiapas y Guatemala; la primera es la más extensa, tiene forma casi plana y altura de 0 a 40 msnm; la segunda es inclinada con alturas de 40 a 1020 msnm. Las provincias se subdividen en 12 paisajes geomorfológicos diferenciados por su forma, pendiente, altura, litología, procesos exógenos y drenaje; los más extensos son peneplanicie de terrazas costeras, planicie fluvial activa, planicie palustre y planicie fluviodeltaica inactiva, se ubican en LLCGS, en el 78.1% del estado. Los paisajes geomorfológicos influyen en la distribución geográfica de los suelos. Planicies, peneplanicies cársticas y montañas cársticas inciden en el desarrollo de los suelos a través de algunos horizontes, propiedades, materiales de diagnóstico y calificadores. Además, los paisajes se asocian con factores limitantes para la capacidad de uso y aptitud de suelos para cultivos, tales como inundación, manto freático, textura y salinidad en las planicies, y erosión, pendiente, relieve y profundidad en peneplanicies, lomeríos y montañas.

Palabras clave: Paisaje geomorfológico, relieve, planicie, geomorfología-suelo

## **ABSTRACT**

Geomorphological landforms studies delimit a region based on its structure and morphogenesis. The aim of this paper was to update the geomorphological map of the state of Tabasco, on a 1:250,000 scale, in order to generate knowledge about the geographic distribution and relief variables that contribute to the formation of soils. Geomorphology, geology and topography mapping was compiled, on a scale of 1:250,000, orthophotos on a 1: 30,000 scale, SPOT satellite imagery and an INEGI digital elevation model, to refine the boundaries of geomorphological landscapes according to geomorphopedological approach. Tabasco is part of two physiographic provinces: South Gulf Coastal Plain (LLCGS) and Sierra de Chiapas and Guatemala, the first is the longest, is almost flat and with a height of 0-40 m, the second is inclined with heights of 40 to 1020 m. The provinces are subdivided into 12 geomorphic landscapes differentiated by their shape, slope, height, lithology, and drainage exogenous processes, the most extensive coastal terraces are peneplain, active floodplain, swamp and plain fluviodeltaica inactive, are located in LLCGS, occupying a 78.1% of the state. Geomorphological landscapes influence the geographical distribution of soils. Plains, karst peneplains and karst mountains affect the development of soils through some horizons, properties, diagnostic and qualifiers materials. In addition, the landscapes are associated with limiting factors for usability and suitability of soils for crops, such as flooding, freatic mantle, texture and salinity on the plains; and erosion, slope, relief and soil depth in peneplains, hills and mountains.

Key words: Geomorphological landscape, plain, geomorfologia-suelo

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La geomorfología es una ciencia geológico-geográfica que estudia el relieve de la superficie terrestre; incluye la descripción de las formas, su origen, estructura, desarrollo histórico y dinámica actual (Lugo, 2011). La clasificación del relieve considera dos grupos: el endógeno, originado por procesos internos de la tierra (tectónicos y volcánicos), y el exógeno, condicionado por la acción de la gravedad y el clima, y se manifiesta en procesos geomorfológicos de intemperismo, erosión, carsificación y acumulación (García y Lugo, 2003). En cada relieve se explican y describen los agentes geomorfológicos formadores (Alcántara, 2000). La acción diferencial de los procesos endógenos y exógenos originan diversas formas de relieve (Geissert, 2008) y paisajes en una región (Guerrero y Cruz, 2011). A la vez, el relieve contribuye a la diferenciación de otros elementos de la naturaleza como agua, suelo y vegetación, así como diferentes actividades humanas (Bautista *et al.*, 2005).

En los últimos años la geomorfología ha adquirido un papel relevante toda vez que ha demostrado su aplicación en diferentes contextos: ambientales, económicos y sociales, interviniendo en programas de planeación territorial. La zonificación del relieve es la base para ordenar el territorio de un espacio geográfico, facilita la ejecución de estudios de suelos y vegetación, y la definición de unidades integrales para evaluar la aptitud, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales (Bocco *et al.*, 1999; Ortiz-Pérez *et al.*, 2005).

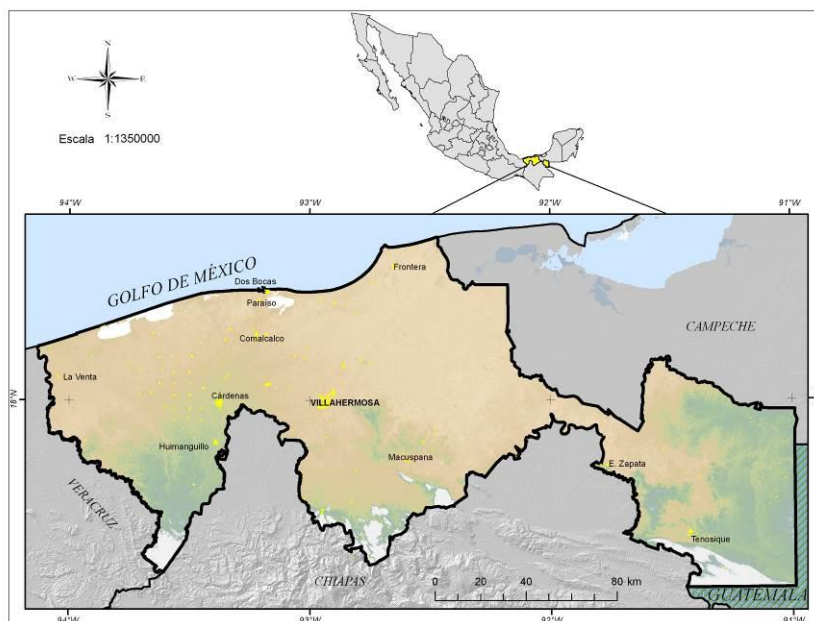
En México, la variabilidad del relieve, climas y material parental, contribuyen a la complejidad de la cobertura edáfica (Guerrero y Cruz, 2011). Por consiguiente, el mapa de geomorfología es útil en los estudios de los suelos, ya que existe relación estrecha entre geoformas y suelos, y con frecuencia estos son influenciados por procesos geomorfológicos y geológicos (Chapman y Atkinson, 2000; Zinck, 2012). Específicamente, el relieve tiene alta relación con la distribución y linderos de suelos, y junto con la pendiente y el material parental, deben considerarse en la fotointerpretación de suelos (Porta y López-Acevedo, 2005; Chapman y Atkinson, 2000; Zinck, 2012).

En los levantamientos de suelos, en la etapa de pre-campo, la fotointerpretación de relieves es fundamental para definir hipótesis de suelos (Ortiz y Gutiérrez, 1999; Charman y Murphy 2000; Zinck, 2012), en este mapa se ubican los sitios para describir perfiles y verificar la extensión geográfica y linderos en el campo (Ortíz y Gutiérrez, 1999). Posteriormente, previa clasificación de los perfiles de suelos, las unidades del relieve se transforman en grupos y unidades de suelos.

## **1.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.2.1. Ubicación del área de estudio**

El estudio comprende el estado de Tabasco integrado por 17 municipios. Tiene una superficie de 24 661 km<sup>2</sup>, que representa el 1.3 % del país; el 96 % está conformado por la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo sur (LLCGS), y el 4 % restante por la provincia Sierras de Chiapas y Guatemala (SCHG) (INEGI 2001; Sánchez y Barba 2005). Limita al norte con el Golfo de México, al sur con el estado de Chiapas, al oeste con el estado de Veracruz, al noreste con el estado de Campeche y al sureste con la república de Guatemala (Figura 2) (INEGI, 2001). Es drenado por las cuencas de los ríos Grijalva, Usumacinta y Tonalá, cuyo caudal se descarga al sur del Golfo de México (INEGI 2001). De acuerdo a sus características naturales y políticas, el estado se encuentra dividido en dos regiones: la región Grijalva que cuenta con tres subregiones (Centro, Sierra y Chontalpa) y la región Usumacinta con dos subregiones (Ríos y Pantanos) (Barba-Macías *et al.*, 2006).



**Figura 2. Localización geográfica del estado de Tabasco**

Para realizar el mapa de geomorfología, se recopiló información cartográfica y bibliográfica de estudios realizados en el estado de Tabasco y estados vecinos (West *et al.*, 1985; Enríquez 1997; INEGI, 2001; Bautista *et al.*, 2005; Ortiz-Pérez *et al.*, 2005; Palma López *et al.* 2007; Zavala *et al.* 2011; Zavala y Ortiz, 2013), y en el país a nivel de regiones geomorfológicas (Lugo, 1992). La primera versión del mapa de relieves se basó en la cartografía de estos estudios. El trazo de linderos del relieve en zonas de transición entre peneplanicies, planicies y sierras, se precisó con base en: a) modelo digital de elevación (MDE 2011) a escala 1:50,000 del INEGI (2011); b) ortofotomapas (E15B62, E15B71, E15B72, E15C17 Y E15C18) (INEGI, 2001), se utilizaron para fotointerpretar linderos de paisajes palustres; c) mapas de geología (Frontera E15-5, Villahermosa E15-8, Tenosique E15-9 y Ciudad del Carmen E15-6) del Servicio Geológico Mexicano (SGM 2007) a escala 1: 250,000 (SGM 2004, 2005a, 2005b, 2006 y 2007), ayudaron a definir los bordes de terrazas costeras y cársticas; d) mapas topográficos de INEGI (2001), apoyaron en la separación de alturas mayores a 200 metros sobre el nivel del mar (msnm), y e) imágenes de satélite SPOT, se utilizaron en algunas zonas donde no se contaba con otro material cartográfico.

El relieve se clasificó a nivel de paisaje geomorfológico con enfoque geopedológico (Zinck, 2012) a escala 1:250,000. El paisaje geomorfológico consiste en una amplia porción del terreno caracterizada por su expresión fisiográfica; corresponde a una repetición de tipos de relieve/modelado similares o a una asociación de tipos de relieve/modelado disimiles; este sistema de clasificación reconoce siete taxa: valle, planicie, peneplanicie, altiplanicie, piedemonte, lomerío y montaña (Bocco *et al.*, 1999; Zinck, 2012). La caracterización de los paisajes tomó en cuenta información sobre: forma, altitud, pendiente, proceso geomorfológico y material litológico, de acuerdo con criterios establecidos por Bocco *et al.* (1999), Ortíz-Pérez *et al.* (2005), Lugo (2010) y Zinck (2012). El mapa final se diseñó con el software ArcMap 9.3.

Mediante revisión de levantamientos de suelos se analizó la relación de paisajes geomorfológicos y los grupos de suelos, horizontes, propiedades, materiales de diagnóstico y calificadores establecido por la clasificación Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS *et al.*, 2007), y los factores que determinan la capacidad de uso agropecuario basados en IMTA (1989).

## **1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1.3.1 Paisajes geomorfológicos**

A escala regional la mayor parte del territorio tabasqueño se ubica dentro de la provincia fisiográfica LLCGS, y en menor proporción en la provincia SCHG (INEGI, 2001). La última provincia es resultado de procesos endógenos que originaron levantamientos y plegamientos del paquete rocoso durante el Terciario Mioceno (Ortíz-Pérez *et al.*, 2005). Mientras que LLCGS está formada por el relleno de cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales terrestres transportados por la compleja red de corrientes fluviales (INEGI 2001) que drenan la cuenca alta de los Ríos Grijalva, Usumacinta y Tonalá, en los estados de Chiapas y Veracruz, y la República de Guatemala.

Se clasificaron 12 paisajes geomorfológicos, siete en LLCGS y cinco en SCHG (Cuadro 3 y Figura 3); las más importantes por su extensión son: peneplanicie de

terrazas costeras, planicie fluvial activa, planicie palustre y planicie fluviodeltaica inactiva, todas se ubican en LLCGS; en conjunto representan el 78.1% del estado (Cuadro 3). La distribución geográfica de los paisajes geomorfológicos se muestra en la Figura 3 y las características morfométricas en la Cuadro 4.

**Cuadro 3. Superficies de los paisajes geomorfológicos del estado de Tabasco**

<b>PROVINCIA FISIOGRAFICA</b>	<b>PAISAJE GEOMORFOLÓGICO</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
<b>Llanura Costera del Golfo sur</b>	Planicie de cordones de playa	149 208.86	5.88
	Planicie baja de inundación lagunar	68 812.80	2.80
	Planicie palustre	418 904.65	17.20
	Planicie fluviodeltaica inactiva	382 212.18	15.56
	Planicie fluvial activa	454 591.70	18.50
	Peneplanicie de terrazas costeras	662 572.25	26.97
	Peneplanicie de terrazas cársticas	156 177.37	6.36
<b>Sierra de Chiapas y Guatemala</b>	Valle intermontano	5 305.74	0.22
	Lomerío suave a inclinado volcánico	6 719.84	0.24
	Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas	65 599.73	2.67
	Montaña inclinada cárstica	75 723.68	3.08
	Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados	11 206.17	0.46
<b>Total de superficie</b>		<b>2,457,034.71</b>	<b>100</b>

Elaboración propia a partir Zinck (2012); Bocco *et al.* (1999); Ortiz-Pérez *et al.* (2005); Bautista (2005); Zavala *et al.* (2011).

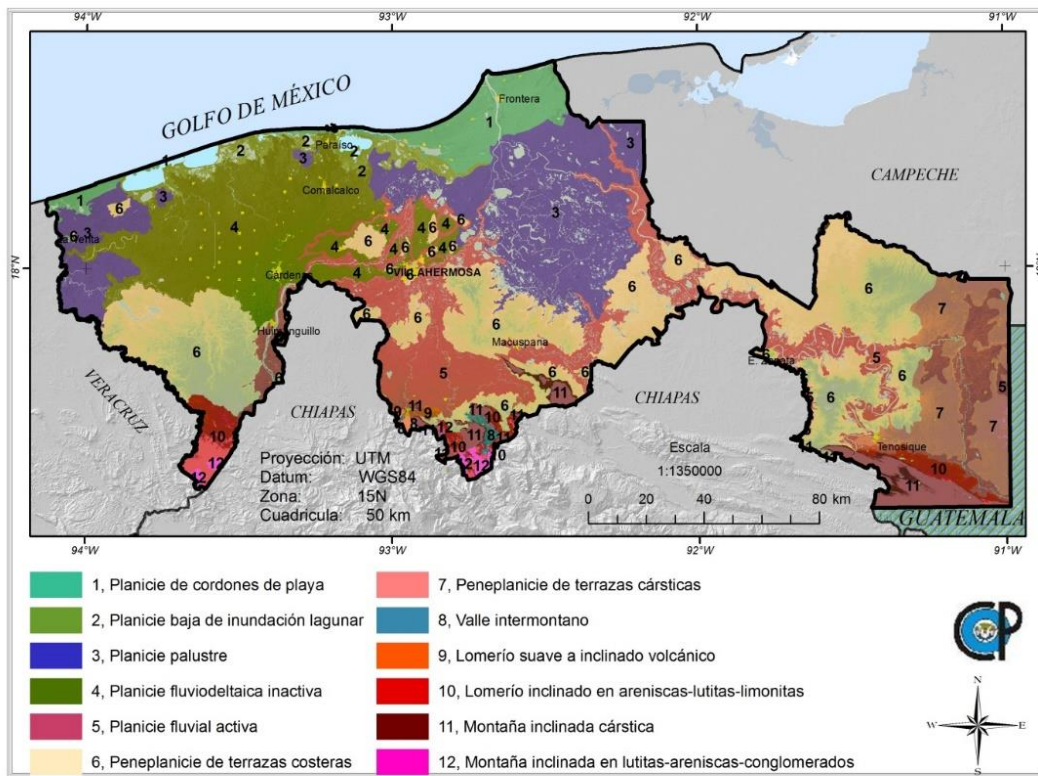


Figura 3. Paisajes Geomorfológicos del estado de Tabasco



**Cuadro 4. Características morfométricas de los paisajes geomorfológicos de Tabasco**

Paisaje geomorfológico	Características				
	Relieve/modelado	Altura (msnm)	Pendiente (%)	Proceso geomorfológico	Tipo de roca
Planicie de cordones de playa	Cordones de playa, dunas, playa, caños o depresiones	<5	<2	Acumulación, erosión en sectores de la costa	Material litoral y eólico arenoso del Cuaternario Holoceno (Qholi) (SGM, 2007)
Planicie baja de inundación lagunar	Marismas minerales y orgánicas, delta de marea, planicies aluviales bajas	<2	<1	Acumulación poligenética	Sedimentos palustres del Cuaternario Holoceno (Qhopa) (SGM, 2007), minerales y orgánicos (Domínguez <i>et al.</i> , 2011)
Planicie palustre	Cubeta de decantación, planicies aluviales bajas	1-30	<1	Acumulación	Sedimentos palustres del Cuaternario Holoceno (Qhopa) SGM, (2007), minerales y orgánicos (Zavala y García, 2012)
Planicie fluviodeltaica inactiva	Cauces inactivos, diques naturales, planicie de inundación, cubeta de decantación	2-40	<2	Acumulación	Sedimentos aluviales del Cuaternario Holoceno (Qhoal) (SGM, 2007), limosos a arcillosos (Zavala y Ortíz, 2013)
Planicie fluvial activa	Cauces activos, diques naturales, planicie de inundación, cubeta de decantación	2-40	<2	Acumulación	Sedimentos aluviales del Cuaternario Holoceno (Qhoal) (SGM, 2007), arcillas y limos (Zavala y Ortíz, 2013)
Peneplanicie de terrazas costeras	Lomerío en Interfluvios, valles erosivos, valles acumulativos, depresiones	10-70	1-6	Intemperismo en interfluvios; erosión en valles, acumulación en depresiones	areniscas, lutitas y conglomerados de edad Terciario Mioceno al Cuaternario Pleistoceno TplQptAr-c (SGM, 2007)
Peneplanicie de terrazas cársticas	Planicie cárstica, lomas onduladas	10-50	1-3	Carsificación en lomeríos y acumulación en planicies	Basamento de rocas calizas fracturadas, de edad Terciario Mioceno (TeCz-Mg) (SGM, 2007)

Valle intermontano	Valle erosivo, valle acumulativo	<b>40-100</b>	1-10	Erosión en laderas de valles y acumulación en valles de fondo plano	Lutitas, areniscas, limonitas y brechas volcánicas de edad Terciario Paleoceno-Plioceno (Tpal Lu-Ar) (SGM, 2007)
Lomerío suave a inclinado volcánico	Lomas convexas y cóncavas, valles erosivos	40-440	6-40	Intemperización, erosión, remoción en masa	Brecha volcánica andesítica del Terciario Plioceno (TplBv-a) (SGM, 2007).
Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas	Lomas convexas y cóncavas, valles erosivos, escarpes de falla	50-350	6-25	Erosión, intemperización, gravitacional	Lutitas-areniscas y limonitas-areniscas del Paleoceno-Eoceno en Tepa y Tacotalpa, areniscas-lutitas-conglomerado polimíctico del Oligoceno-Mioceno en Huimanguillo, y areniscas del Mioceno en Tenosique (SGM, 2007)
Montaña inclinada cárstica	Laderas inclinadas y escarpadas, dolinas, poljes, mogotes	50-980	25-100	Carsificación, erosión, intemperización, gravitacional	Calizas y lutitas del Cretácico y Terciario Paleoceno-Mioceno (SGM, 2007)
Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados	Laderas inclinadas y escarpadas, piedemonte, valles erosivos, escarpes de falla,	200-1020	25-100	Erosión, intemperización, gravitacional	Lutitas-areniscas y limonitas-areniscas del Paleoceno-Eoceno en Tepa y Tacotalpa, y conglomerado polimíctico del Oligoceno en Huimanguillo (SGM, 2007)

### **1.3.2 Planicie de cordones de playa**

El paisaje de planicie se define como una porción extensa, plana, no confinada, de posición baja, con poca energía de relieve y pendientes suaves, generalmente menores a 3%; varios ríos contribuyen a formar un sistema fluvial complejo (Zinck, 2012). En Tabasco se zonificaron varios paisajes de planicies que en conjunto representan el 60% del estado.

La planicie de cordones de playa consiste de un conjunto de bordos de baja altura, por lo general paralelos a la costa, de forma convexa, estrecha y alargada, que se forman a partir de acumulaciones de arenas por las corrientes playeras y litorales. Entre los cordones existen depresiones o caños expuestos a inundaciones. La altura de la planicie de cordones es variable, toda vez que existen zonas de cordones altos y bien drenados, como en franja contigua a la playa situada entre la desembocadura de los ríos Río Usumacinta y González; otras superficies tienen conjuntos de cordones bajos, sujetos a inundación temporal o permanente, como los situados en la zona de transición con planicie palustre, antes de la desembocadura de los ríos Usumacinta y Grijalva. Tienen escasa elevación y pendiente casi plana (Cuadro 4).

La anchura de la planicie de cordones de playa es mayor a ambos lados de la desembocadura del río Grijalva-Usumacinta (hasta 30 km), porque actualmente es la principal fuente de sedimentos hacia el Golfo de México; por consiguiente los cordones de playa son indicadores de una costa acumulativa en proceso de acreción hacia el mar. Inversamente, la menor anchura (100 a 300 m) de la planicie costera se ubica entre las bocas de Tupilco y Sánchez Magallanes, en los sitios más alejados de las desembocaduras de corrientes fluviales activas y emisoras de sedimentos; en este sector existen campos de dunas adyacentes a la línea de costa, indicando que la costa está en proceso de erosión.

En la costa situada entre Paraíso y el Río Tonalá, al norte y noroeste de Tabasco, una o dos franjas de dunas paralelas a la playa interrumpen la secuencia de cordones; las dunas tienen forma parabólica, su altura varía de 0 a 7 msnm y la pendiente de 1 a 15%; estas geoformas indican procesos de

acumulación eólica, y actualmente están estabilizadas por los cultivos de cocoteros y pastizales. La costa situada entre las barras de Tupilco y Santa Ana corresponde al sector con erosión más intensa, el cual es evidente por la caída de cocoteros, la destrucción de tramos de la carretera costera y la excavación de oleoductos. La erosión de la línea de costa también está ocurriendo entre las barras de Santa Ana y Tonalá, donde afecta viviendas de la Villa Sánchez Magallanes, y a ambos lados de la desembocadura del Río San Pedro y San Pablo, donde ocasiona la caída de cocoteros y manglares.

La planicie de cordones de playa se ubica en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso, Comalcalco y Centla, con uso del suelo de plantaciones de coco, asociado a pastizales, además de contener los puertos de Paraíso, Frontera, Dos Bocas y Sánchez Magallanes.

### **1.3.3 Planicie baja de inundación lagunar**

La planicie baja de inundación lagunar es una superficie cóncava de acumulación de sedimentos finos a arenosos transportados por corrientes de agua dulce y agua salada, se sitúa al sur de la planicie de cordones de playa, en transición con la planicie palustre y fluviodeltaica; su formación data del Cuaternario Holoceno. Los cordones de playa funcionan como una barrera que aísla a la planicie lagunar del mar, pero el agua salada ingresa a través de esteros y bocas que comunican a las lagunas costeras con el Golfo de México; también funciona como nivel de base de corrientes fluviales, y en consecuencia la planicie lagunar sufre inundaciones permanentes o temporales con agua salobre, creando condiciones de drenaje favorables para la acumulación de capas orgánicas sobre el sustrato mineral, en las zonas más cóncavas situadas al sur de las lagunas Mecoacán, Santa Anita, Arrastradero, Cocal y Redonda. Este paisaje se ubica en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso, Comalcalco y Centla, su uso primordial es de manglares y además contiene varios campos petroleros.

### **1.3.4 Planicie palustre**

La planicie palustre se caracteriza por extensas depresiones que permanecen inundadas la mayor parte del año, se sitúan entre los paisajes de planicie de cordones de playa y de inundación lagunar, hacia el norte, y la planicie fluviodeltaica hacia el sur, a veces se extiende hasta la peneplanicie de terrazas. La mayor parte de estas depresiones tiene agua permanente, escasa profundidad, bordes irregulares, sustratos de sedimentos finos de origen aluvial sobre los que yacen capas orgánicas, de hasta 1 m de espesor, favorecidas por la abundante vegetación que aporta materiales orgánicos y su lenta descomposición por las condiciones anaerobias; tiene pendientes menores a 1 %, y su origen data del Cuaternario Holoceno. Se localiza en los municipios de Cárdenas, Huimanguillo, Centla, Centro, Nacajuca, Jalpa de Méndez, Macuspana y Jonuta, representando el 17% del estado. La vegetación típica es la hidrófita de popal y tular, selva baja inundable de apompo y pukté, matorrales inundables, tasistales y algunos manglares. Tiene pequeñas superficies de pastizales para la ganadería y varios campos petroleros.

### **1.3.5 Planicie fluviodeltaica inactiva**

La planicie fluviodeltaica inactiva está formada por extensas superficies planas a ligeramente convexas, con sedimentos aluviales acumulados por el Río Mezcalapa y sus ríos distributarios Samaria y Carrizal, así como numerosos cauces abandonados que se derivaron del Mezcalapa como el Río Seco que atraviesa las ciudades de Cárdenas, Comalcalco y Paraíso. Actualmente, esta planicie permanece inactiva al no recibir sedimentos aluviales como consecuencia del control de las avenidas por el sistema de presas ubicadas en la cuenca media del Río Grijalva, en el estado de Chiapas, y por bordos de protección y drenes. Durante el Cuaternario Holoceno, previo al control por las obras hidráulicas, los desbordamientos de los ríos acumularon abundantes sedimentos de textura gruesa a media a ambos lados de los lechos fluviales,

formando bordos y riveras ligeramente convexas que se elevan uno a varios metros sobre la planicie de inundación. Los bordos más elevados se encuentran adyacentes al Río Seco, en el transecto Cárdenas-Comalcalco-Paraíso. Inversamente, en las planicies de inundación ubicadas posteriormente a los bordos, se depositaron sedimentos arcillosos y limosos en menor volumen, formándose amplias zonas planas a cóncavas mal drenadas, como acontece en la mayor superficie de la planicie fluviodeltaica. Cubetas de decantación con sedimentos arcillosos ocupan depresiones de la planicie fluviodeltaica, son receptoras de drenaje superficial y permanecen inundadas varios meses.

La planicie fluviodeltaica abarca la mayor parte de los municipios de Cárdenas, Huimanguillo, Comalcalco, Cunduacán, Jalpa de Méndez y Nacajuca, representando el 15.6 % del estado. El uso del suelo dominante es de plantaciones de cacao, coco y plátano en los bordos, cultivos de caña de azúcar, arroz, maíz y pastizales en las planicies de inundación, y pastizales con vegetación hidrófita en las cubetas de decantación.

### **1.3.6 Planicie fluvial activa**

La Planicie fluvial activa es un amplio paisaje de forma ligeramente convexa a cóncava que se distribuye en franjas alargadas entre las terrazas, por lo general controladas estructuralmente. Se formó durante el Cuaternario Holoceno por procesos fluviales acumulativos a partir de sedimentos derivados de ríos activos, que periódicamente desbordan sobre la planicie al carecer de controles por obras hidráulicas, excepto en torno a la ciudad de Villahermosa. En esta planicie destacan los ríos Usumacinta, San Pedro, Grijalva, Puxcatán, Chilapa, Teapa, Tacotalpa, Pichucalco, Sierra y González, cuyo patrón de drenaje general es sinuoso a meándrico.

La secuencia de relieves y la textura de los sedimentos, en sentido perpendicular a los cauces, es similar a la planicie fluviodeltaica inactiva, diferenciándose de esta porque las planicies de inundación y las cubetas de decantación son más extensas y permanecen inundadas por más tiempo, es decir prevalecen las

superficies planas y cóncavas con mal drenaje superficial; además, los sedimentos aluviales son ricos en calcio por derivarse de rocas calizas de la cuenca alta. Algunos ríos como el Usumacinta y Teapa, tienen bordos o diques naturales que sobresalen por su anchura y se elevan 2 a 4 m sobre la planicie de inundación.

Se localiza en partes de los municipios de Huimanguillo, Cunduacán, Nacajuca, Jonuta, Emiliano Zapata, Tenosique, Balancan, Teapa y Tacotalpa, representando el 18.5% del estado. Se asocia a cultivos de plátano, maíz, caña de azúcar, cacao, sorgo, sandía y frutales en los bordos; pastizales en la planicie de inundación, y vegetación hidrófita y selvas inundables en las cubetas de decantación.

### **1.3.7 Peneplanicie de terrazas costeras**

La peneplanicie es una porción del terreno ligeramente ondulada, caracterizada por una repetición sistemática de cerros bajos, redondos (colinas) o alargados (lomas), con cimas de similar altura, separados por una densa red hidrográfica de patrón reticular (Zinck, 2012).

La peneplanicie de terrazas costeras forman una superficie plana a débilmente inclinada con lomeríos suaves, resultantes de procesos de intemperización, erosión y acumulación de los sedimentos formados por areniscas, lutitas y conglomerados de edad Terciario Mioceno al Cuaternario Pleistoceno. La altura varía de 10 a 70 msnm, dominan las pendientes suaves de 0.5 a 3% en las terrazas tabulares o monoclinales, y de 3 a 15% en terrazas con lomeríos; estos resultan de la disección de terrazas por procesos erosivos, que se revelan por una densa red de valles erosivos en la terraza de Huimanguillo, y en menor grado en la terraza de Tenosique.

Se ubican en la zona de transición entre las planicies fluviales y laderas de las Sierras de Chiapas y Guatemala, forman amplios bloques (Huimanguillo, Cunduacán, Macuspana, Tenosique, Reforma y Palenque, las dos últimas en el estado de Chiapas) originados por procesos tectónicos, y están separados por

planicies aluviales de los Ríos Tonalá, Mezcalapa, Pichucalco, Sierra, Puxcatán, Tulijá y Chacamáx.

Terrazas en forma de isla, de poca extensión, emergen de las planicies fluviales, destacando las de Villahermosa, Ocuilzapotlán, Tamulté, Cunduacán, La Venta y Benito Juárez; las terrazas isla tienen forma redondeada y convexa, y se relacionan con estructuras subyacentes de domos salinos que presionan hacia arriba y levantan los estratos superficiales. Su altura varía de 1 a 10 msnm, y algunas, como en Cunduacán, apenas sobresalen de la planicie fluviodeltaica por lo que presentan una capa superficial de sedimentos aluviales.

En conjunto, la peneplanicie de terrazas costeras representa el 27% del estado, tiene uso dominante de pastizales cultivados y nativos, pero hay superficies importantes de plantaciones citrícolas, forestales de eucalipto y hule, cultivos de piña y caña de azúcar, así como relictos de selva mediana subperennifolia, acahuals y encinares tropicales.

### **1.3.8 Peneplanicie de terrazas cársticas**

Peneplanicie de terrazas cársticas es una superficie plana a ligeramente ondulada con basamento de rocas calizas y margas fracturadas, de edad Terciario Mioceno, los procesos incipientes de disolución química o carsificación son evidenciados por afloramientos rocosos con micro relieve de lapiaz y dolinas; con frecuencia estos lomeríos están cubiertos por lutitas, conglomerados y areniscas como en el Plan Balancán, o por aluviones holocénicos en zonas de transición con la planicie fluvial activa del Río San Pedro, al norte y noroeste de Balancán. Tiene pendiente suave (1 a 6%) y escasa altura (10 a 50 msnm), con inclinación general de sureste a noroeste; fallas y fracturas controlan la forma y orientación de los bloques de lomeríos cársticos, y estos son separados por amplias planicies fluviales activas, cuya orientación es de sur a norte o de este a oeste, por donde fluyen los ríos Usumacinta y San Pedro. Se localiza en los municipios de Balancán y Tenosique, en el 6.4 % del estado. Tienen pastizales,



plantaciones forestales y de palma de aceite, así como vegetación de acahuales y bosque de encino tropical.

### **1.3.9 Valle intermontano**

Valle es una porción del terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto y están generalmente drenadas por un solo río (Zinck, 2012). En Tabasco, los valles intermontanos corresponden a relieves estrechos y alargados, situados en el fondo de sinclinales de las Sierras de Chiapas y Guatemala, generalmente tienen orientación de sureste a noroeste, y son drenados por los ríos Teapa, Puyacatengo y Oxolotán; con frecuencia los valles están flanqueados por laderas inclinadas.

El relieve/modelado de los valles varían de acuerdo a la intensidad de los procesos. En las llanuras aluviales adyacentes a los cauces, con pendientes de 1 a 3%, se acumulan sedimentos del Cuaternario Holoceno, y en lomeríos ligeros a moderadamente ondulados, con pendientes de 3 a 10%, prevalecen rocas lutitas, areniscas, limonitas y brechas volcánicas, de edad Terciario Paleoceno-Plioceno (SGM, 2007). Ocupan pequeñas superficies en el estado, en los municipios de Teapa y Tacotalpa. El uso es de pastizales y agricultura anual (maíz y frijol), con algunos acahuales.

### **1.3.10 Lomerío suave a inclinado volcánico**

Lomerío se define como una porción del terreno quebrado, caracterizada por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por una red hidrográfica moderadamente densa y vallecitos coluvio-aluviales (Zinck, 2012).

El paisaje de Lomerío suave a inclinado volcánico consiste de secuencias de lomas onduladas, formadas por brechas volcánicas andesíticas de edad Terciario Plioceno (SGM, 2008), único material de origen ígneo en Tabasco. Su altura considerable (40 a 440 msnm) y las pendientes pronunciadas (6 a 40%), junto

con el clima tropical lluvioso todo el año y la deforestación de las selvas, las exponen a intensos procesos de intemperización, erosión hídrica y deslizamientos. El material parental se deriva del volcán Chichonal, situado en las Sierras de Chiapas y Guatemala, presenta fuerte disección por las corrientes fluviales de la cuenca de los Ríos Teapa y Puyacatengo. Ocupa una pequeña superficie en el municipio de Teapa, y su uso dominante es de pastizales, seguido de relictos de selva alta perennifolia y acahuales.

### **1.3.11 Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas**

Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas es una secuencia de relieves ondulados y cóncavos que forman parte de las laderas septentrionales de las Sierras de Chiapas y Guatemala. Prevalen las rocas sedimentarias lutitas-areniscas y limonitas-areniscas del Paleoceno-Eoceno en Teapa y Tacotalpa, areniscas-lutitas y conglomerado polimíctico del Oligoceno-Mioceno en Huimanguillo, y areniscas del Mioceno en Tenosique. Tiene pendientes moderadas a fuertes y alturas variables: 50 a 200 msnm en Teapa y Tacotalpa, 60 a 350 msnm en Huimanguillo y 60 a 150 msnm en Tenosique. Las pendientes favorecen los procesos de intemperización y erosivos, prevaleciendo las formas convexas, cóncavas y valles erosivos. Representa el 2.7% del estado y su uso es de pastizales y acahuales, con algunos relictos de selva alta perennifolia.

### **1.3.12 Montaña inclinada cárstica**

El paisaje de montaña se define como una porción del terreno, elevada, escabrosa, profundamente disectada, caracterizada por alturas relativas importantes con relación a las unidades de paisajes circundantes de posición más baja, e importante disección interna, generando una neta energía de relieve entre las áreas montañosas y los valles intercalados (Zinck, 2012).

El paisaje de montaña inclinada cárstica consiste de laderas convexas y cóncavas, que están sometidas a intensos procesos de disolución química del

carbonato de calcio y magnesio de la roca caliza, al entrar en contacto con el agua y los ácidos húmicos del suelo. El basamento rocoso es de calizas asociadas con lutitas, de edad Cretácico y Terciario Paleoceno al Mioceno (INEGI, 2001; SGM, 2007). Su altura varía de 50 a 980 msnm en Tacotalpa y 50 a 620 msnm en Tenosique; las fuertes pendientes (25 a 100%) contribuyen a los procesos de erosión, denudación y movimientos gravitacionales. El conjunto de procesos ha formado relieves variados, desde nivel micro como lapiaz, simas, dolinas, mogotes, escarpes de falla y piedemontes, hasta nivel meso y macro con anticlinales, sinclinales, planicies cársticas, laderas inclinadas y escarpadas, y poljes. En el subsuelo, la disolución química ha formado abundantes cavernas y ríos subterráneos.

La montaña cárstica forma parte de las Sierras de Chiapas y Guatemala, representa el 3.1 % del estado en los municipios de Teapa, Tacotalpa, Macuspana y Tenosique. Por su inclinación y abundantes afloramientos rocosos, prevalecen las selvas altas perennifolias y acahuales, pero en las últimas décadas se han introducido pastizales y cultivos anuales.

### **1.3.13 Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados**

Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados corresponde a laderas con pendientes de 25 a 100%, y alturas de 200 a 650 m en Tacotalpa, y 350 a 1020 m en Huimanguillo; forma parte de las Sierras de Chiapas y Guatemala. Estas laderas corresponden a anticlinales con ejes de sureste a noroeste, y pueden presentar fallas y fracturas en los flancos; entre los anticlinales se encuentran los sinclinales clasificados como valles intermontanos de fondo suave. El material litológico es de rocas sedimentarias de lutitas-areniscas y limonitas-areniscas del Paleoceno-Eoceno en Teapa y Tacotalpa, a conglomerado polimíctico del Oligoceno en Huimanguillo (SGM, 2007). Los procesos erosivos, denudativos y gravitacionales forman laderas convexas, cóncavas y piedemontes. Representa el 2.8% del estado, en la porción sur de los municipios de Teapa, Tacotalpa y Huimanguillo. El uso es de pastizales,

acahuales, selva alta perennifolia y algunos relictos de bosque mesófilo de montaña en Huimanguillo.

#### **1.3.14. Relación paisajes geomorfológicos y suelos**

##### **Suelos de planicies en sedimentos aluviales, palustres, lacustres y marinos**

Los paisajes geomorfológicos de planicies agrupan suelos específicos (Cuadro 5) que se caracterizan por ser profundos, poco desarrollados, en sedimentos no consolidados de edad Cuaternario Reciente, de origen aluvial, palustre, lacustre o marino. Arenosoles se distribuyen en la planicie de cordones de playa y son de textura arenosa; Solonchaks e Histosoles en la planicie baja de inundación lagunar, asociados a condiciones de agua salada y acumulación de turba sobre sedimentos fluvio-marinos; Histosoles y Gleysoles en la planicie palustre con capas de turba sobre arcilla; y Fluvisoles, Vertisoles, Gleysoles e Histosoles en las planicies fluviales, diferenciados por textura, disposición de capas aluviales, gleyzación y a veces capas orgánicas. Estos suelos, por lo general se sitúan en zonas planas a cóncavas, con pendiente menor a 2%, receptoras de agua, por lo que están sujetos a inundación desde unos días (Fluvisoles y Vertisoles) hasta 6 a 10 meses al año (Gleysoles, Solonchaks, Histosoles); los Arenosoles de bordos de playa bajos y en caños, también se inundan en la época de lluvias.

Los paisajes geomorfológicos determinan condiciones que favorecen el desarrollo de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico (Cuadro 6), o calificadores de primero y segundo orden de los suelos (Cuadro 7), de acuerdo con la clasificación WRB de los suelos (IUSS *et al.*, 2007). En las planicies baja de inundación lagunar y palustre, la inundación con agua salobre, el manto freático elevado y la acumulación de turba, favorecen el desarrollo de horizontes sálico e hístico, condiciones reductoras y patrón de color gléyico, así como los calificadores hémico, sáprico, hístico, rheico y gléyico.

**Cuadro 5. Relación de paisajes geomorfológicos y suelos de Tabasco**

Paisaje geomorfológico	Grupo de suelo																	Fuente
	H S	L P	V R	F L	S C	G L	P T	F R	S T	C L	A L	A C	L V	L X	A R	C M	R G	
PCP															X		X	1,3,5,8,10
PBIL	X				X													1,3,5,7,8,10
PP	X					X												1,3,8,10
PFDI			X	X		X			X							X		1,2,3,4,5,8,9,10,11
PFA			X	X		X												1,3,4,5,8,9,10,11
PTCo							X	X			X	X	X	X		X		1,3,4,5,6,8,9,10
PTCa		X	X			X				X								1,3,4,5
VI				X									X			X		3,8,9
LSIV											X	X	X					5,9
LIALL											X	X						3,8,9
MIC		X										X	X	X				1,3,5,8,9
MILAC											X	X						3,8,9

Clave de paisajes geomorfológicos: PCP Planicie de cordones de playa, PBIL Planicie baja de inundación lagunar, PP Planicie palustre, PFDI Planicie fluviodeltaica inactiva, PFA Planicie fluvial activa, PTCo Peneplanicie de terrazas costeras, PTCa Peneplanicie de terrazas cársticas, VI Valle intermontano, LSIV Lomerío suave a inclinado volcánico, LIALL Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, MIC Montaña inclinada cárstica, MILAC Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados.

Clave de suelos: HS Histosol, LP Leptosol, VR Vertisol, FL Fluvisol, SC Solonchak, GL Gleysol, PT Plintisol, FR Ferrasol, ST Stacnosol, CL Calcisol, AL Alisol, AC Acrisol, LV Luvisol, LX Lixisol, AR Arenosol, CM Cambisol, RG Regosol.

Fuente: <sup>1</sup> Ortíz-Pérez *et al.* (2005), <sup>2</sup> Salgado *et al.* (2004), <sup>3</sup> Palma-López *et al.* (2007), <sup>4</sup> Salgado-García *et al.* (2008), <sup>5</sup> Zavala *et al.* (2009), <sup>6</sup> Salgado *et al.* (2010), <sup>7</sup> Domínguez-Domínguez *et al.* (2011), <sup>8</sup> Zavala *et al.* (2011a), <sup>9</sup> Zavala *et al.* (2011b) <sup>10</sup> Zavala y García (2012), <sup>11</sup> Salgado-García *et al.* (2013).

En planicies fluviales, los diques naturales corresponden a materiales flúvicos, y condiciones reductoras y patrón e color gléyico abajo del horizonte A, así como calificadores límico o arénico (Cuadros 6 y 7), derivados de la acumulación de

sedimentos medios a gruesos por desbordamientos de ríos durante unos días y presencia del manto freático a más de 50 cm de profundidad. La planicie de inundación presenta horizonte vértico o condiciones reductoras y patrón e color gléyico, en relación con la acumulación de arcillas, inundación y manto freático elevado en la época de lluvias (julio a febrero) (Cuadro 6); son comunes los calificadores gléyico, arcílico y límico (Cuadro 7). La cubeta de decantación tiene suelos con horizontes, propiedades, materiales y calificadores similares a la planicie palustre. Los Paisajes geomorfológicos también generan condiciones físicas que restringen la capacidad de uso agropecuario y la aptitud de suelos para cultivos. Los factores limitantes comunes son textura arenosa en la planicie de cordones de playa, salinidad, inundación y manto freático elevado en planicies de inundación lagunar y palustre, y manto freático y textura arcillosa en las planicies fluviales (Cuadro 8).

### **Suelos de peneplanicies, lomeríos y montañas en areniscas, lutitas, limonitas, conglomerados y brechas volcánicas**

En peneplanicies de terrazas costeras, lomeríos y montañas con rocas sedimentarias detríticas y volcánicas, prevalecen suelos Alisoles, Acrisoles y Luvisoles (Cuadro 5), caracterizados por ser profundos a someros, con horizonte B árgico y pH ácido; las rocas son muy intemperizadas de edad Terciario Paleoceno al Mioceno, y se distribuyen en pendientes menores a 6% en peneplanicies, hasta pendientes mayores a 25% en montañas. La propiedad de diagnóstico roca continua es típica de las montañas (Cuadro 7) donde prevalece material parental somero y afloramientos rocosos, en relación con la fuerte inclinación de laderas. Estos paisajes también determinan, en menor o mayor grado, los factores erosión, pendiente y relieve, que inciden en la capacidad agropecuaria y aptitud de los suelos; en las montañas de rocas detríticas el suelo también tiene escasa profundidad y rocosidad (Cuadro 8), asociados a fuertes pendientes.

### Suelos de peneplanicies y montañas en calizas y margas

Peneplanicies de terrazas cársticas y montañas cársticas desarrollan suelos Leptosoles (Cuadro 5) sobre roca madre de calizas y margas, son delgados, de pH alcalinos y arcillosos. Estas peneplanicies también tienen Gleysoles en depresiones mal drenadas y Vertisoles en planicies cársticas bien drenadas. Sedimentos de lutitas en montañas cársticas coinciden con Luvisoles y Lixisoles de moderada profundidad. La propiedad de diagnóstico roca continua (Cuadro 6) y los calificadores léptico y esquelético (Cuadro 7) se asocian a la roca somera. La capacidad agropecuaria y aptitud de los suelos es demeritada por erosión, pendiente y relieve (Cuadro 8).

**Cuadro 6. Relación de paisajes geomorfológicos con horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico de los suelos de Tabasco, de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2007**

Paisaje geomorfológico	Horizontes			Propiedades de diagnóstico			Material de diagnóstico	
	Hístico	Sálico	Vértico	Condiciones reductoras	Patrón de color gléyico	Roca continua	Flúvico	Orgánico
PCP								
PBIL	X	X		X	X			X
PP	X			X	X			X
PFDI			X	X	X		X	
PFA	X		X	X	X		X	X
PTCo								
PTCa						X		
VI							X	
LSIV								
LIALL								

MIC							X		
MILAC							X		

Clave de paisajes geomorfológicos: PCP Planicie de cordones de playa, PBIL Planicie baja de inundación lagunar, PP Planicie palustre, PFDI Planicie fluviodeltaica inactiva, PFA Planicie fluvial activa, PTCO Peneplanicie de terrazas costeras, PTCa Peneplanicie de terrazas cársticas, VI Valle intermontano, LSIV Lomerío suave a inclinado volcánico, LIALL Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, MIC Montaña inclinada cárstica, MILAC Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados.

### Suelos de valles intermontanos en sedimentos aluviales y areniscas, lutitas, limonitas y conglomerados

En valles intermontanos la secuencia de suelos varía de Fluvisoles en el valle acumulativo a Luvisoles y Cambisoles en laderas del valle (Cuadro 5) con sedimentos detríticos; generalmente son profundos. Material flúvico se encuentra en planicies aluviales (Cuadro 6) y los factores erosión, pendiente y profundidad demeritan los suelos de laderas (Cuadro 8).

**Cuadro 7. Relación de paisajes geomorfológicos y calificadores de los suelos de Tabasco, de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2007**

Paisaje geomorfológico	Calificadores de 1er orden							Calificadores de 2do orden			
	Gléyico	Hémico	Sáprico	Hístico	Rheyco	Sálico	Léptico	Arcílico	Límico	Arénico	Esquelético
PCP										X	
PBIL	X	X	X	X	X	X		X			
PP	X	X	X	X	X						
PFDI	X							X	X		
PFA	X							X	X		
PTCO								X			
PTCa							X				X
VI											



LSIV											
LIALL											
MIC							X				X
MILAC							X				X

Clave de paisajes geomorfológicos: PCP Planicie de cordones de playa, PBIL Planicie baja de inundación lagunar, PP Planicie palustre, PFDI Planicie fluviodeltaica inactiva, PFA Planicie fluvial activa, PTCo Peneplanicie de terrazas costeras, PTCa Peneplanicie de terrazas cársticas, VI Valle intermontano, LSIV Lomerío suave a inclinado volcánico, LIALL Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, MIC Montaña inclinada cárstica, MILAC Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados.

**Cuadro 8. Factores asociados al relieve que influyen en la evaluación de suelos por capacidad agropecuaria y aptitud para cultivos en Tabasco, con base en IMTA (1989)**

Paisaje geomorfológico	Erosión	Inundación	Manto freático	Pendiente	Relieve	Textura	Profundidad	Salinidad	Rociedad	Régimen de humedad
PCP		X	X			X				X
PBIL		X	X					X		X
PP		X	X							X
PFDI		X	X			X				X
PFA		X	X			X				X
PTCo	X			X	X					
PTCa	X			X	X		X			
VI	X	X		X	X					
LSIV	X			X	X					
LIALL	X			X	X					
MIC	X			X	X		X		X	

MILA C	X			X	X		X		X	
-----------	---	--	--	---	---	--	---	--	---	--

Clave de paisajes geomorfológicos: PCP Planicie de cordones de playa, PBIL Planicie baja de inundación lagunar, PP Planicie palustre, PFDI Planicie fluviodeltaica inactiva, PFA Planicie fluvial activa, PTCO Peneplanicie de terrazas costeras, PTCa Peneplanicie de terrazas cársticas, VI Valle intermontano, LSIV Lomerío suave a inclinado volcánico, LIALL Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, MIC Montaña inclinada cárstica, MILAC Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados.

El estado de Tabasco, no obstante su relativa homogeneidad del relieve, presenta gran variedad de paisajes geomorfológicos que se agrupan en dos provincias fisiográficas: siete en la Llanura Costera del Golfo Sur (LLCGS) que representan el 93.3% del estado, y cinco en las Sierras de Chiapas y Guatemala (SCHG) que abarcan el 6.7% del estado (Figura 2 y Cuadro 3). LLCGS agrupa paisajes de planicies y peneplanicies con pendientes cóncavas a ligeramente onduladas, de 0 a 70 msnm, la mayoría está formada por sedimentos arenosos a arcillosos no consolidados del Cuaternario Holoceno, con drenaje deficiente, y areniscas, lutitas, conglomerados y calizas del Terciario Mioceno, con mejores condiciones de drenaje. SCHG está conformado por paisajes de lomeríos, sierras y valles, con pendientes moderadas a escarpadas, que revelan procesos de intemperización y erosión sobre rocas sedimentarias consolidadas detríticas (areniscas, lutitas, limonitas y conglomerados) del Terciario Paleoceno al Mioceno, y procesos de carsificación en calizas del Cretácico y Terciario Mioceno. Cada paisaje geomorfológico cumple los requisitos de extensión amplia y patrón repetitivo de tipos relieve/modelado similares, como lo establece Zinck, (2012). Las características morfométricas y los tipos de relieve/modelado varían en cada paisaje geomorfológico (Cuadro 4).

Los paisajes geomorfológicos en su mayoría coinciden con relieves clasificados en sistemas de topoformas (INEGI, 2001) y regiones ecogeográficas (Ortiz-Pérez *et al.*, 2005), y amplían los tipos de relieves para su mejor comprensión, en comparación con las regiones fisiográficas propuestas por Palma López *et al.* (2007) y las regiones geomorfológicas generadas por Zavala y Ortiz (2013). Las diferencias fundamentales con la cartografía de los estudios citados se

establecen en la mayor precisión de linderos de los paisajes geomorfológicos, especialmente en las planicies lacustres y fluviales, y peneplanicies; toda vez que se contó con material cartográfico, un modelo digital de elevación más precisa, ortofotomapas e imágenes de satélite que ayudaron a definir linderos mediante fotointerpretación. Aunque varios linderos se adoptaron de levantamientos geomorfológicos semidetallados generados por Enríquez, (1997) para la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Domínguez *et al.* (2011) para la planicie de inundación lagunar, y Zavala y García (2012) para la cuenca baja del Río Tonalá; y a nivel reconocimiento para la cuenca del Río Grijalva (Zavala *et al.*, 2011) y el estado de Tabasco (Zavala y Ortiz, 2013), estos linderos se mejoraron mediante fotointerpretación de los materiales citados.

Otra diferencia con los resultados de otros autores se establece al tomar en cuenta el tipo de roca (SGM 2007). La litología ayudó a precisar linderos de peneplanicies cársticas y montañas cársticas, al relacionarse con rocas calizas y margas, en concordancia con los resultados de Lugo (1999), Bautista *et al.* (2007), Ortiz-Pérez *et al.* (2005), Zavala y Ortiz (2013), separándolas de lomeríos y montañas en rocas sedimentaras detríticas como lo establecen INEGI (2001), Ortiz-Pérez *et al.* (2005), Zavala y Ortiz (2013). El lomerío de origen volcánico, también se definió con base en la litología (SGM, 2007) generándose un paisaje diferente a los relieves previamente cartografiados.

La identificación de procesos geomorfológicos contribuyó diferenciar paisajes geomorfológicos (Cuadro 4) (Ortiz-Pérez *et al.*, 2005; Zinck, 2012), complementado con información del tipo de roca, forma del relieve, pendiente, altura, posición topográfica (Cuadro 2) y drenaje. La planicie de cordones de playa arenosos, formada por corrientes playeras, y las dunas costeras originados por el viento, revelan procesos acumulativos que han sido reportados por West *et al.* (1986), Ortiz-Pérez *et al.* (2005), Palma López *et al.* (2007) y Zavala y Ortiz (2013). En la planicie baja de inundación lagunar prevalece la acumulación de materiales minerales y orgánicos similar a lo reportado por Domínguez *et al.* (2011) y Zavala y Ortiz (2013), diferenciándose de los reportes de West *et al.*

(1986), INEGI (2001), Ortíz-Pérez *et al.* (2005) y Palma López *et al.* (2007), quienes solo reportan sedimentos minerales. La planicie palustre destaca por procesos de acumulación de materiales orgánicos sobre sedimentos fluviales finos y condiciones de inundación de 6 a 10 meses al año, en congruencia con los resultados de INEGI (2001), Palma-López (2007) y Zavala *et al.* (2013), a diferencia de Ortíz-Pérez *et al.* (2005) quienes agrupan las zonas palustres dentro de la planicie fluviodeltaica. Con base en la intensidad de los procesos acumulativos, las planicies fluviales se separan en dos paisajes geomorfológicos: planicie fluviodeltaica inactiva y planicie fluvial activa, no obstante que presentan el mismo patrón recurrente de relieves en sentido perpendicular a los ríos: cauce, bordo, planicie de inundación y cubeta de decantación; estos relieves son indicadores de acumulación de sedimentos de textura media a fina; sin embargo en la fluviodeltaica prevalecen relieves de bordos y planicies de inundación, que le confieren mejores condiciones de drenaje, en tanto que en la fluvial activa dominan las planicies de inundación y cubetas de decantación, que imprimen mal drenaje superficial en la época de lluvias; además, la primera tiene controles estructurales que impiden la acumulación de sedimentos por desbordamientos de ríos, y la segunda carece de obras hidráulicas y está expuesta a inundaciones fluviales ordinarias y acumulación de sedimentos. En razón de lo anterior, la cartografía de las planicies aluviales difiere de las clasificaciones establecidas por INEGI (2001), Ortíz-Pérez *et al.* (2005), Palma-López *et al.* (2007) y Zavala y Ortíz (2013). Las peneplanicies y montañas se separan de acuerdo a la incidencia de procesos de intemperización y erosivos en rocas sedimentarias detríticas (areniscas, lutitas, limonitas, conglomerados) y procesos de carsificación en rocas calizas y margas; esta diferenciación del relieve concuerda con estudios de Lugo, (1999) y Bautista *et al.* (2007), y discrepa de los resultados de Palma López *et al.* (2007) y Zavala y Ortíz (2013), quienes solo identifican lomeríos, y Ortíz-Pérez *et al.* (2005) al zonificar una ecoregión de terrazas; así mismo, las unidades cartográficas de montaña son diferentes de las reportadas por INEGI (2001), Ortíz-Pérez *et al.* (2005), Palma López *et al.* (2007)

y Zavala y Ortíz, (2013), cuyos mapas solo identifican una región denominada sierra o laderas de la Sierra Norte de Chiapas.

Paisajes geomorfológicos reúnen condiciones físicas como forma, proceso, pendiente, material litológico y drenaje que controlan la distribución geográfica de grupos de suelos en Tabasco; así lo avala la cartografía a nivel reconocimiento y semidetallado de levantamientos de suelos realizados por Salgado *et al.* (2004), Palma-López *et al.* (2007), Salado-García *et al.* (2008), Zavala *et al.* (2009), Salgado *et al.* (2010), Domínguez-Domínguez *et al.* (2011), Zavala *et al.* (2011a), Zavala *et al.* (2011b), Zavala y García (2012), Salgado-García *et al.* (2013) (Cuadro 5). Las planicies agrupan suelos específicos, diferentes a los de paisajes del resto del estado: Arenosoles en la planicie de cordones de playa, Solonchaks e Histosoles en la planicie baja de inundación lagunar, Histosoles y Gleysoles en la planicie palustre, y Fluvisoles, Vertisoles, Gleysoles e Histosoles en las planicies fluviales. Estos suelos, por lo general se sitúan en zonas planas a cóncavas, con pendiente menor a 2%, receptoras de agua, por lo que están sujetos a inundación por unos días (Fluvisoles y Vertisoles) hasta más de 6 meses al año (Gleysoles, Solonchaks, Histosoles); Arenosoles de cordones de playa bajos y en caños, también se inundan en la época de lluvias. Peneplanicies de terrazas costeras, lomeríos y montañas con rocas sedimentarias detríticas y volcánicas, desarrollan suelos Alisoles, Acrisoles y Luvisoles (Cuadro 5), profundos a someros, con horizonte B árgico y pH ácido, sobre roca madre muy intemperizada y pendientes de 2 a 100%, por lo que el drenaje interno del perfil varía de moderado a bueno. Peneplanicies de terrazas cársticas y montañas cársticas, típicamente agrupan suelos Leptosoles sobre roca caliza y margas, son delgados, de pH alcalinos y arcillosos; Gleysoles pueden ubicarse en depresiones inundables y Vertisoles en planicies cársticas drenadas; Luvisoles y Lixisoles de media profundidad coinciden con lutitas sobre montañas cársticas. Los valles intermontanos agrupan suelos tanto Fluvisoles en planicies fluviales como Luvisoles y Cambisoles laderas con rocas sedimentarias detríticas.

Paisajes geomorfológicos también se relacionan con horizontes, propiedades, materiales de diagnóstico y calificadores establecidos por la clasificación Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS *et al.*, 2007) (Cuadros 6 y 7). En planicies, cordones de playa determinan el calificador arénico asociado a la textura arenosa. Planicies baja de inundación lagunar y palustre, típicamente tienen horizontes sálicos e hístico, propiedades de diagnóstico indicadoras de condiciones reductoras y patrón de color gléyico, calificadores hémico, sáprico, hístico, rheico y gléyico, relacionadas con inundaciones prolongadas y manto freático elevado. Las planicies fluviales muestran un patrón repetitivo de relieves y suelos en sentido perpendicular a los cauces de los ríos; diques naturales adyacentes al cauce, con topografía más elevada y drenada, tienen materiales flúvicos y calificadores límicos o arénicos que se explican por la mayor acumulación de sedimentos aluviales durante las inundaciones fluviales, por periodos cortos; en planicies de inundación el suelo tiene horizonte vértico, condiciones reductoras y patrón de color gléyico, determinados por inundaciones y manto freático elevado, en la época de lluvias; las cubetas de decantación, ubicadas en las zonas topográficamente más bajas de la planicie aluvial, poseen características edáficas similares a la planicie palustre. Estos horizontes, propiedades, materiales y calificadores han sido reportados para suelos de las planicies por Salgado *et al.* (2004); Ortiz-Pérez *et al.* (2005); Bautista *et al.* (2005); Palacio-Aponte *et al.* (2005); Palma-López *et al.* (2007); Domínguez *et al.* (2011); Zavala *et al.* (2009); Zavala *et al.* (2011a); Zavala *et al.* (2011a); Zavala y García (2012).

Paisajes geomorfológicos de peneplanicies, lomeríos, valles y montañas tienen escasa relación con horizontes, materiales y calificadores considerados por IUSS *et al.* (2007), indicando que estos son determinados por procesos del suelo. No obstante, peneplanicie cárstica y montañas inclinadas cársticas o de sedimentos detríticos pueden presentar roca continua y calificadores léptico y esquelético (Cuadros 6 y 7), derivados de la presencia de rocas calizas y pendientes de 25 a 100% (Cuadro 4) que dificultan el desarrollo del perfil; estas características

edáficas concuerdan son reportadas en estudios de Palma-López *et al.* (2007); Zavala *et al.* (2009); Zavala *et al.* (2011a) y Zavala *et al.* (2011b), y coinciden con las observadas en suelos cársticos de la Península de Yucatán, indicando el efecto de la morfogénesis sobre el la pedogénesis (Bautista *et al.* 2005; Palacio-Aponte *et al.*, 2005).

Los paisajes geomorfológicos contribuyen a los factores que restringen la capacidad de uso agropecuario y la aptitud de suelos para cultivos propuestos por IMTA (1989). En planicies prevalecen los factores limitantes textura arenosa en cordones de playa; salinidad, inundación y manto freático elevado en planicies de inundación lagunar y palustre, y manto freático y textura arcillosa en planicies fluviales; estos factores están condicionados por la posición topográfica baja (0 a 40 msnm), pendiente menor a 2%, inundación estacional o permanente con agua salobre o dulce, y procesos de acumulación de sedimentos finos a gruesos. Peneplanicies, valles, lomeríos y montañas tienen suelos limitados, en menor o mayor grado, por erosión, pendiente y relieve, en asociación con pendientes de 2 a 100%; además, peneplanicies cársticas y montañas cársticas o con sedimentos detríticos pueden presentar limitantes por profundidad y rocosidad, vinculados a la roca caliza y fuertes pendientes (Cuadros 4 y 8). Factores restrictivos similares han sido reportados por Palma-López *et al.* (2007); Domínguez *et al.* (2011); Zavala *et al.* (2011a) y Zavala y García, (2012) para los suelos de las planicies, e INEGI, (2001), Palma-López *et al.* (2007) y Zavala *et al.* (2011a) para los suelos de peneplanicies, lomeríos y montañas.

#### **1.4 CONCLUSIONES**

El estado de Tabasco presenta gran variedad de paisajes geomorfológicos diferenciados por su forma, pendiente, altura, procesos geomorfológicos, litología y drenaje. Paisajes de planicies (cordones de playa, inundación lagunar, palustre, fluviodeltaica inactiva y fluvial activa) tienen alturas de 0 a 40 msnm, pendientes inferiores a 2%, procesos de acumulación de sedimentos arenosos a arcillosos y

orgánicos, y generalmente sufren inundaciones fluviales. Paisajes de peneplanicies son de forma plana a ligeramente ondulada, con pendientes de 2 a 6%, altura de 10 a 70 msnm, procesos de intemperización en terrazas de areniscas, lutitas, conglomerados, y carsificación en calizas y margas; el drenaje superficial varía de moderado a bueno. Paisajes de lomeríos, sierras y valles tienen alturas de 40 a 1020 msnm, pendientes de 6 a 100%, drenaje superficial eficiente, y procesos de intemperización y erosión en rocas sedimentarias detríticas, y carsificación en calizas y margas.

La distribución geográfica de los suelos se relaciona con los paisajes geomorfológicos. En planicies, destacan Arenosoles en cordones de playa, Solonchaks e Histosoles en la baja de inundación lagunar, Histosoles y Gleysoles en la palustre, y Fluvisoles, Vertisoles, Gleysoles e Histosoles en las fluviales. Peneplanicies de terrazas costeras, lomeríos y montañas con rocas sedimentarias detríticas y volcánicas, desarrollan Alisoles, Acrisoles y Luvisoles, y peneplanicies y montañas cársticas agrupan Leptosoles, Gleysoles y Vertisoles.

Paisajes geomorfológicos generan condiciones que influyen en la formación de suelos. En planicies, sobresale el calificador arénico en cordones de playa, horizonte sálico y material orgánico en planicies de inundación lagunar y palustre, materiales flúvicos, condiciones reductoras, patrón de color gléyico y los calificadores límico y arcílico en planicies fluviales. Peneplanicies y montañas de roca caliza pueden presentar roca continua y los calificadores léptico y esquelético.

Los factores que restringen la capacidad de uso agropecuario y la aptitud de suelos para cultivos se relacionan con paisajes geomorfológicos; destacan inundación, manto freático elevado, salinidad y textura arenosa y arcillosa en planicies, y erosión, pendiente, relieve y profundidad en peneplanicies, valles, lomeríos y montañas.



## 1.5 LITERATURA CITADA

- Álcantara-Ayala I. 2000. Índice de susceptibilidad a Movimientos del Terreno y su aplicación en una región semiárida. *Revista Mexicana de Ciencias Ecológicas*. 17(1) 66-75.
- Bautista F., E. Batllori S., G. Palacio, M. Ortiz P., M. Castillo G. 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la península de Yucatán. En: Bautista F, Palacio G (Eds.) *caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales*. Universidad Autónoma de Campeche. Universidad Autónoma de Yucatán. pp 33-58.
- Bautista F., Y. Aguilar, H. Rivas y R. Paez. 2007. Los suelos del estado de Yucatán. En: Sánchez M. y Cabañas D. (Eds.) *Importancia del binomio suelo–materia orgánica en el desarrollo sostenible*. Agencia española de Cooperación Internacional, CSIC, UADY. Murcia, España. pp 11–42.
- Barba-Macías E. J., J. Rangel-Mendoza, R. Ramos R. 2006. Clasificación de los humedales de Tabasco Mediante Sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencia*, 22 (2):101-110.
- Bocco G, E. Mendoza M., A. Velázquez, A. Torres. 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM*, 40: 7-22.
- Chapman G. A., G. Atkinson. 2000. Soil survey and mapping. In “Soils of New South Wales: Their properties and Management”. En: Chapman PEV, Murphy BW (Eds) Oxford University Press. And NSW department of Land and water Conservation: Melbourne. Australia. pp 109-136.
- Domínguez-Domínguez M., J. Zavala-Cruz, P. Martínez-Zurimendi. 2011. Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos

Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 137 p.

Enríquez G. C. 1997. Geomorfología e impacto ambiental en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. Tesis de licenciatura. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México D.F. 121 p.

García A. M. T. y H. Lugo J. 2005. El relieve mexicano en mapas topográficos. Instituto de Geografía, UNAM. pp 148-149.

Geissert K. D., A. Ibáñez. 2008. Calidad y ambientes físicos de los suelos. En: Manson R. H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina, K. Mehlreter (Eds). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto de Ecología. Instituto Nacional de Ecología. DF. pp 213-221.

IMTA.1989. Manual de clasificación, cartografía e interpretación de suelos con base en el sistema de Taxonomía de Suelos. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Cuernavaca Morelos.

INEGI. 2001. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Tabasco. Instituto nacional de estadística, Geografía e Informática, San Luis Potosí, México 89 p.

INEGI. 2011. Modelo Digital de Elevación 1:50 000. Generalidades y especificaciones. CONTINÚO DE ELEVACIÓN MEXICANO. Disponible en línea:

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/Descarga.aspx>

IUSS Grupo de trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización traducida al español por Mabel Susana Pazos. Informe sobre Recursos Mundiales de suelos. FAO. Roma. Italia. 59 p.

Guerrero Eufrazio E. G., C. O. Cruz G. 2011. Cartografía Edáfica y Mapas edáficos en México. En: P. Krasilnikov, F. J. Jiménez N., T. Reyna T., García C. (Eds)

Geografía de los suelos de México. Universidad Autónoma de México. Capítulo 11. pp 211-215.

Lugo H. J., C. Córdova F. 1992. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 25: 25-63.

Lugo, H. J. 1999. La conservación y el aprovechamiento del patrimonio natural. En: Universidad Autónoma de Yucatán (Ed) Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán. PROEESA. México. pp 155-162.

Lugo H. J. 2011. Diccionario geomorfológico. Geografía para el siglo XXI, Serie: Textos Universitarios. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México D.F. 480 p.

Ortiz-Solorio C. A., M. C. Gutiérrez C. 1999. Fundamentos de pedología. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales. Montecillo, México. 104 p.

Ortiz-Pérez M. A, Siebe C, Cram S. 2005. Diferenciación ecoeográfica de Tabasco. En: Bueno J, Álvarez F, Santiago S (Eds) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México. Cap. 14: pp 305-322.

Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C., A. Rincón-Ramírez J. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPOTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.

Palacio-Aponte A., V. Medina-Medina, F. Bautista. 2005. Diagnóstico ambiental de la costa del estado de Campeche: Enfoques geomorfológicos y pedológico. En: Bautista, F y Palacio G (Eds) Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. México D.F. pp 59-72.

- Porta J., M. López-Acevedo. 2005. Agenda de campo de suelos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 541 p.
- Sánchez A. J., E. J. Barba M. 2005. Biodiversidad de Tabasco. En: Bueno-Álvarez J, Santiago S. (Eds) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO, México. pp 1-16.
- Salgado García S., D. J. Palma López., L. C. Lagunés-Espinosa., C. F. Ortiz-García., J. M., Ascencio Rivera. 2004. Sistema Integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIRDF): Ingenio Santa Rosalía. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 69 p.
- Salgado-García S., D. J. Palma-López, J., Zavala-Cruz, L. C. Lagunes E., C. F. Ortiz-García, M. Castelan-Estrada, A. Guerrero-Peña, E. Moreno-Cáliz, J. A. Rincón-Ramírez. 2008. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar: Ingenio Azuremex. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 102 p.
- Salgado G. S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, C. F. Ortiz G., L. del C Lagunes E., M. Castelán E., A. Guerrero P., A. I. Ortiz C, S. Córdoba S. 2010. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco. Fundación Produce Tabasco, SAGARPA, Colegio de Postgraduados, COFUPRO, Consejo Estatal de Productores de Piña de Tabasco, A.C. H. Cárdenas, Tabasco. 81 p.
- Salgado-García S., D. J. Palma López, J. Zavala-Cruz, L. del C. Lagunés-Espinosa, M. Castelán Estrada, C. F. Ortiz-García, J. F. Juárez López, O. Ruiz-Rosado, L. Armida-Alcudia, J. A. Rincón Ramírez. 2013. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIRDF): Ingenio Presidente Benito Juárez. Grupo MASCAÑA Lp1-2 AESS. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 84 p.

- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2004. Carta Geológico Minero: Frontera E15-5, Tabasco Campeche.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2005a Carta Geológico Minero: Villahermosa E15-8, Tabasco, Veracruz, Chiapas y Guatemala.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2005b Carta Geológico Minero: Ciudad del Carmen E15-6, Campeche y Tabasco.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2006. Carta Geológico Minero: TenosiqueE15-9, Chiapas Tabasco y Campeche.
- SGM (Servicio Geológico Mexicano). 2007. CARTA Geológica de México escala 1:2,000,000. 6ta edición.
- West R. C., P. Psuty N., G. Thom B. 1986. Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Gobierno del Estado de, Instituto de Cultura de Tabasco, México. 326 p.
- Zavala C. J., O. Castillo A., A. Ortiz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez-López, S. Salgado-García, J. A. Rincón-Ramírez, E. Moreno C., R. Ramos R. 2009. Capacidad de uso del suelo urbano en Tabasco, con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 189 p.
- Zavala C. J., Castillo A. O., M. Ortiz P., A. Guerrero P., Córdova A. V., D. J. Palma-López. 2011a. Geomorfología, suelo, uso del suelo y capacidad de uso rural y urbano en subcuencas y zona conurbada de Villahermosa, Tabasco. Colegio de Postgraduados, FOMIX Tabasco, Red Académica Sobre Desastres en Tabasco. H. Cárdenas. 161 p.

- Zavala C. J., D. J. Palma-López, C. R. Fernández-Cabrera, A. López C., E. D. Shirma-Torres. 2011b. Degradación y Conservación de suelos en la cuenca del río Grijalva, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Secretaria de Recursos naturales y protección ambiental y PEMEX. Villahermosa Tabasco México. 90 p.
- Zavala C. J., E. García L., A. López C. 2012. Aspectos ambientales de la cuenca baja del Río Tonalá. En Zavala C, García L (Eds) Suelo y Vegetación de la Cuenca Baja del Río Tonalá, Tabasco. Publicación especial del Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 142 p.
- Zavala C. J., M. A. Ortiz-Pérez. 2013. Geomorfología. En: D. J. Palma-López, E. E. Mata Z. (Eds) La biodiversidad en Tabasco: Estudios de Estado. CONABIO, SERNAPAM, CCYTET, COLPOS, UJAT. (En prensa).
- Zinck J. A. 2012 Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios suelos y riesgos naturales. Faculty Geo-Information Science and Earth observation. Enschede, the Netherlands. 123 p.

**CAPITULO II. ACTUALIZACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN Y  
CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL ESTADO DE TABASCO  
UTILIZANDO LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO  
WRB 2007 A ESCALA 1: 250 000**

# **ACTUALIZACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL ESTADO DE TABASCO UTILIZANDO LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO WRB 2007**

**Raquel Jimenez Ramirez  
Colegio de Postgraduados**

## **Resumen**

Se recopiló los archivos existente (shape) de trabajos realizados desde el 2007 hasta la actual, siendo el Sistema de Información Geográfica (ArcGis versión 9.3) la base que permitió trabajar con escalas diferentes (1:35 000, 1:45 000, 1:50 000, 1:75 000) hasta homogeneizar a 1:250 000, por medio de la eliminación de polígonos inferiores a 156 ha utilizando el área mínima cartografiable. Obteniendo un total de 146 perfiles de suelos georeferenciados con análisis físicos y químicos, conformando la actual base de datos de suelos. Posteriormente se realizó la reclasificación y caracterización de suelos al segundo nivel utilizando calificadores principales y secundarios, de acuerdo con el manual llamado "Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). Obteniendo 146 perfiles representativos de suelos georeferenciados con análisis físicos y químicos. Posteriormente se realizó la reclasificación y caracterización de suelos al segundo nivel utilizando calificadores principales y secundarios, de acuerdo con el manual llamado "Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) conformando la actual base de datos de suelos. Sumando un total de 19 unidades del grupo mayor de suelos en todo el estado, dominan los Gleysoles Histosoles y los Fluvisoles. Ubicando dentro de ello unidades muy pequeñas que no se habían reportado en años anteriores como el Calcisol, Ferralsol, Lixisol, Nitisol, Phaeozem y Tecnosol.

Palabras clave: Clasificación, caracterización, suelo,



## **ABSTRACT**

The existing files (shape) of studies done from 2007 to the present were collected, with the Geographic Information System (ArcGIS version 9.3) working has a base to work with different scales (1:35 000, 1:45 000, 1: 50 000, 1:75 000) until homogeneous to 1:250 000, by removing a polygons lower to 156 utilizing the minimum mappable area. Obtaining a total of 146 georeferenced soils profiles with physical and chemical analysis, forming the current soils database. Subsequently reclassification and soil characterization to the second level was performed using primary and secondary qualifiers, according to the manual called "World Reference Base for Soil Resources (WRB). Getting 146 representative georeferenced soils profiles of physical and chemical analysis. Subsequently reclassification and soil characterization to the second level was performed using primary and secondary qualifiers, according to the manual called "World Reference Base for Soil Resources (WRB) forming the current soils database. A total of 19 units of the largest group of statewide soils, when Histosols, Gleysols and Fluvisols dominate. Founding very small units that were not reported in previous years as the Calcisol, Ferralsol, Lixisol, Nitisol, Phaeozem and Tecnosol.

Key words: Classification, characterization, soil.

## 2.1 INTRODUCCIÓN

El suelo es un cuerpo natural que se encuentra en la superficie de la tierra y que puede variar en profundidad (Porta *et al.*, 2003). También es un medio que permite el desarrollo de plantas terrestres ya sea que tenga o no horizontes discernibles (Soil Survey Staff, 2010). Es además un recurso complejo que puede presentar muchas variantes dependiendo de la región geográfica, y de las transformaciones que la naturaleza y el ser humano haya aplicado sobre el mismo. Su importancia se debe a que el ser humano puede cultivar y crecer sus alimentos más básicos en él, por lo que se puede considerar como parte fundamental de la vida (Porta *et al.*, 2003).

Bautista *et al.* (2005), Mencionan que dentro de las funciones del suelo está en que es el hábitat de muchos organismos, donde se desarrolla la vegetación, además, es el sostén de la estructura socioeconómica, habitación, desarrollo industrial, sistemas de transporte y recreación; por otro lado, es fuente de materiales y es parte de la herencia cultural por cuanto alberga importantes tesoros arqueológicos y paleontológicos, los cuales son fundamentales para conocer la historia de la tierra y la humanidad. Ante esta importancia del suelo se hace necesario contar con estudios de suelos actualizados, a fin de obtener información que sirva de base para la conservación, preservación y aprovechamiento sustentable.

En Tabasco se han realizado diversos estudios de suelos a diferentes escalas, además de los efectuados por el INEGI en el siglo pasado (años 70's). La mayor parte de estos estudios se encuentran en archiveros, aunque hay algunos casos en los que se ha logrado la publicación de libros, informes o folletos técnicos (Palma-López *et al.*, 2007a; Salgado *et al.*, 2008; Salgado *et al.*, 2009; Zavala *et al.*, 2009; Salgado *et al.*, 2010; Zavala *et al.*, 2012). Lo anterior demanda un esfuerzo de compilación de estos estudios, para transformarlos en fuentes de datos actualizados que puedan servir a las personas o instituciones interesadas en este tipo de información. En este contexto el Colegio de Postgraduados Campus Tabasco se dio a la tarea de recopilar los diversos estudios de suelos, con lo que

se constituyó una base de datos. De la compilación de los estudios se han publicado dos trabajos con el apoyo de la Fundación Produce Tabasco y el Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco (Palma-López y Cisneros, 2000; Palma-López *et al.*, 2007a). Estos trabajos en su momento sintetizaron la información de suelos existente sobre Tabasco, sin embargo, esta tarea tiene que ser continuada con el fin de integrar los últimos trabajos sobre suelos, por lo cual se hace necesario complementar la información faltante para incrementar el conocimiento sobre la problemática del manejo de este recurso. Con base en lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo, actualizar la clasificación y caracterización de los suelos del estado de Tabasco, mediante la cartografía digital a escala 1:250,000 por medio de la “Base Referencial Mundial del Recurso Suelo” o WRB por sus siglas en Inglés (IUSS *et al.*, 2007).

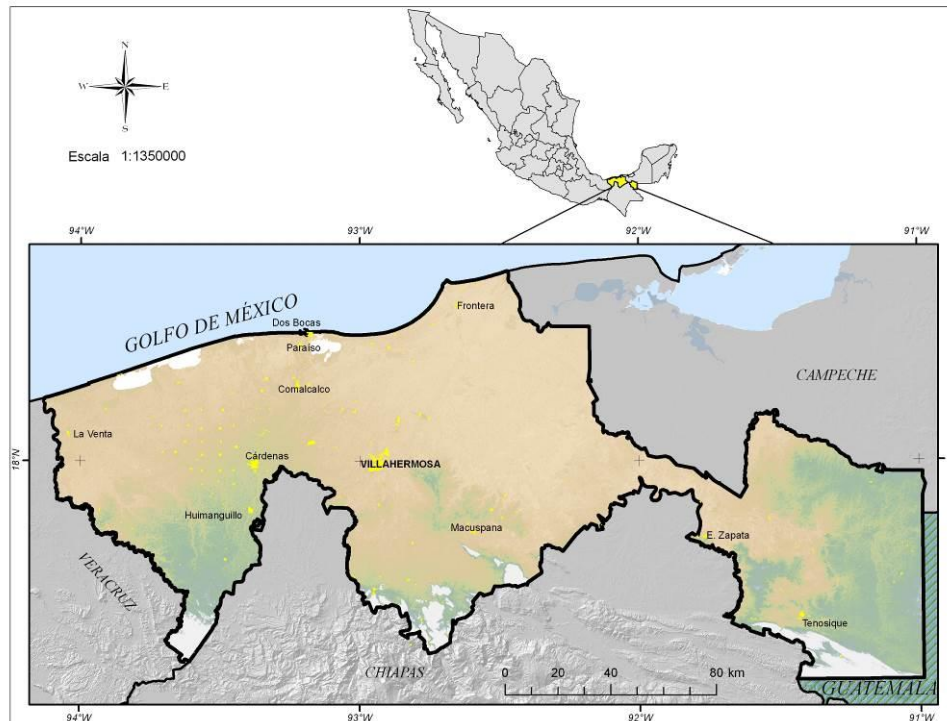
## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.2.1 Área de estudio**

El estudio comprende todo el estado de Tabasco, el cual está ubicado en el sureste de la república mexicana, entre las coordenadas geográficas 17°19'00" y 19°39'00" de latitud norte; y 90° 57'00" y 94°08'00" de longitud oeste; colinda al norte con el Golfo de México, al sur con el estado de Chiapas, al oeste con el estado de Veracruz, al noroeste con el estado de Campeche y al sureste con la república de Guatemala (Palma-López *et al.*, 2007a) (Figura 4). Abarca una superficie de 24, 661 km<sup>2</sup>, que representa el 1.3 % del total del país (INEGI, 2005). El estado se divide en dos grandes regiones: Grijalva y Usumacinta y 5 subregiones: Centro, Chontalpa, Sierra, Ríos y Pantanos (Barba-Macías *et al.*, 2006).

De acuerdo a su fisiografía la entidad forma parte de dos provincias, la llanura costera del Golfo sur y la Sierra de Chiapas y Guatemala (SEDESPA, 2006). En la parte media y norte del Estado, el clima dominante es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con temperatura promedio de 26° C y

precipitaciones media anual de 2 000 mm; en la parte sur se ubica el clima cálido húmedo con lluvias todo el año, es la zona más lluviosa del estado de Tabasco con 4 000 mm de precipitación; en una pequeña superficie del Estado al noroeste prevalece el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación media anual de 1 500 mm (INEGI, 2001).



**Figura 4. Ubicación del área de estudio**

De acuerdo a los materiales litológicos del estado de Tabasco, predominan los suelos aluviales, lacustres y litorales que datan del Cuaternario, son los que cubren mayor extensión; las rocas sedimentarias con calizas y secuencias de lutitas-areniscas de edad Cretácica son las más antiguas (SEDESPA, 2006). De acuerdo a Palma-López *et al.* (2007) los suelos que dominan en el Estado son los Gleysoles, Vertisoles, Fluvisoles, Luvisoles y Acrisoles, distribuidos en las llanuras inundables, la planicie aluvial y los lomeríos del Estado.

### 2.2.2. Metodología

Primero se procedió a la revisión de la información generada por la diferentes instituciones sobre suelos de Tabasco, a escalas de 1:250 000, considerando la última actualización que generó el Colegio de Postgraduados (Palma-López *et al.*, 2007).

Posteriormente se continuó con la búsqueda de estudios realizados por diferentes investigadores e instituciones, la búsqueda incluyó tanto trabajos publicados como los informes técnicos que tienen las instituciones y/o investigadores. Con esto se generó el primer mapa preliminar de tipos de suelos homogenizándose mediante algebra de mapas a escala a 1:250 000, utilizando un sistema de información geográfica (ArcGis versión 9.3). Se utilizó el concepto del área mínima cartografiable, lo que permitió eliminar polígonos inferiores a 156 hectáreas (Palma López *et al.* 2007)

Posteriormente se buscaron los perfiles representativos a cada zona descritos en los estudios revisados, debidamente georeferenciados y con sus análisis físicos y químicos, con ellos se conformó una base de datos, con la cual se realizó la clasificación de suelos al segundo nivel utilizando calificadores principales y secundarios, de acuerdo con el manual de la “Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS *et al.*, 2007).

Con el apoyo de los datos georeferenciados que genero el INEGI, se verificó la clasificación y cartografía, considerándose como barrenaciones los perfiles que no contaban con analisis. Se utilizaron un total de 111 perfiles de suelo, 52 con sus análisis químicos y 59 solo con la descripción en campo. Finalmente se corrigió la cartografía final de los suelos del estado de Tabasco a escala 1: 250 000 y se realizó la caracterización de los Grupos de Suelos de Referencia y de los calificadores que conforman las unidades de suelo en el segundo nivel.

## 2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado de Tabasco cuenta con estudios reciente sobre clasificación y caracterización de suelos, uno de los primeros es el de Palma-López y Cisneros (2000) a nivel subunidad donde se utilizó la versión corregida del referencial mundial de los suelos del mundo (FAO, 1970). En este trabajo se menciona que los suelos con mayor dominancia eran los Vertisoles y los Gleysoles. Posteriormente se realizó una actualización de los suelos a nivel de unidad realizado por Palma-López y Triano (2002) encontrándose 12 unidades del Grupo Mayor y dos combinaciones dominando de igual manera los Vertisoles. Para el año 2007 en un esfuerzo de actualización se generó un libro sobre “Los suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable” por Palma-López *et al.* (2007), a escala 1: 250 000, en este trabajo se menciona que los suelos dominante son los Gleysoles ubicados en áreas húmedas y los Vertisoles en áreas agrícolas, utilizando la versión 1989 del referencial mundial de suelos.

Dentro de las investigaciones realizadas en el estado de Tabasco sobre suelos, se localizarón 8 estudios muy importantes por diferentes investigadores en diferentes escalas. Generando de esta manera la actualizazacion de la base de datos se suelos de Tabasco como se muestran en el cuadro 9.

**Cuadro 9. Proyectos localizados realizados por diferentes investigadores a diferentes escalas**

TITULO DE TRABAJO	ESCALA	INSTITUCION FINANCIADORA	AUTORES RESPONSABLES
Suelo y Vegetación de la cuenca baja del rio Tonalá Tabasco.	1:50 000	Colegio de Postgraduados	Zavala y García, 2012
Degradación y Conservación de suelos en la cuenca del rio Grijalva, Tabasco.	1:250 000	CP y FOMIX-TAB-2007-C10-82422/03	Zavala <i>et al.</i> , 2011
Manglares de la costa de Tabasco	1:75,000,	SERNAPAM	Domínguez <i>et al.</i> 2011.
Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizante	1:50 000	Colegio de Postgraduados y	Salgado-García <i>et al.</i> , 2010.

(SIRDF) en la zona piñera de Huimanguillo Tabasco.		Fundación produce Tabasco A.C	
Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizante en caña de azúcar (SIRDF): ingenio Presidente Benito Juárez.	1:43 000	Colegio de Postgraduados y Fundación produce Tabasco A.C	Salgado-García <i>et al.</i> , 2009
Caracterización ambiental de la micro cuenca Cárdenas-Comalcalco del estado de Tabasco.	1:50 000	Colegio de postgraduados Fondos mixtos TAB-2005-C06-16497	Obrador <i>et al.</i> , 2007
Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizante (SIRDF) en caña de azúcar: ingenio Azuremex.	1:50 000	Colegio de Postgraduados FOMIX-TAB-2005-C06-16497	Salgado García <i>et al.</i> , 2008
Diagnóstico de áreas productoras y determinación de las tierras aptas para la producción de palma de aceite en el estado de Tabasco.	1:75 000	Colegio de Postgraduados FOMIX-TAB-2006-C08-42116,	Palma-López <i>et al.</i> , 2008
Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizante (SIRDF) en el área citrícola de Huimanguillo Tabasco.	1:35 000	Colegio de Postgraduados, SAGARPA, SEDAFOP, FUNDACION RPRODUCE Tabasco A.C,	Salgado-García <i>et al.</i> , 2007

Recopilación de trabajos realizados por diferentes investigadores en el Colegio de Postgraduados

Con base en esta revisión se obtuvieron un total de 153 perfiles representativos de suelos, los cuales fueron la base para actualizar el estudio de suelos del estado a escala 1:250 000, utilizando para ello, conforme a la recomendación de la NOM-021-RECNAT-2000, y la versión más actual en español del Referencial Mundial de Suelos (IUSS *et al.*, 2007), en esta actualización se encontraron 19 Grupos mayores, con la presencia de seis Grupos de suelos (Calcisol, Ferralsol, Lixisol, Nitisol, Phaeozem y Tecnosol) nuevos en Tabasco, con respecto a los estudios de compilación realizados anteriormente (Figura 5).

Dominan tres Grupos en el Estado por superficie: los Gleysoles con 460,910.02 ha representado con el 18.6 % del total de los suelos del estado Tabasco, los Histosoles con 337,970.71 ha representado el 13.66 % y los Fluvisoles con 271 976.30 ha con el 10.99 % del total del área de estudio (Figura 5; Cuadro 10).

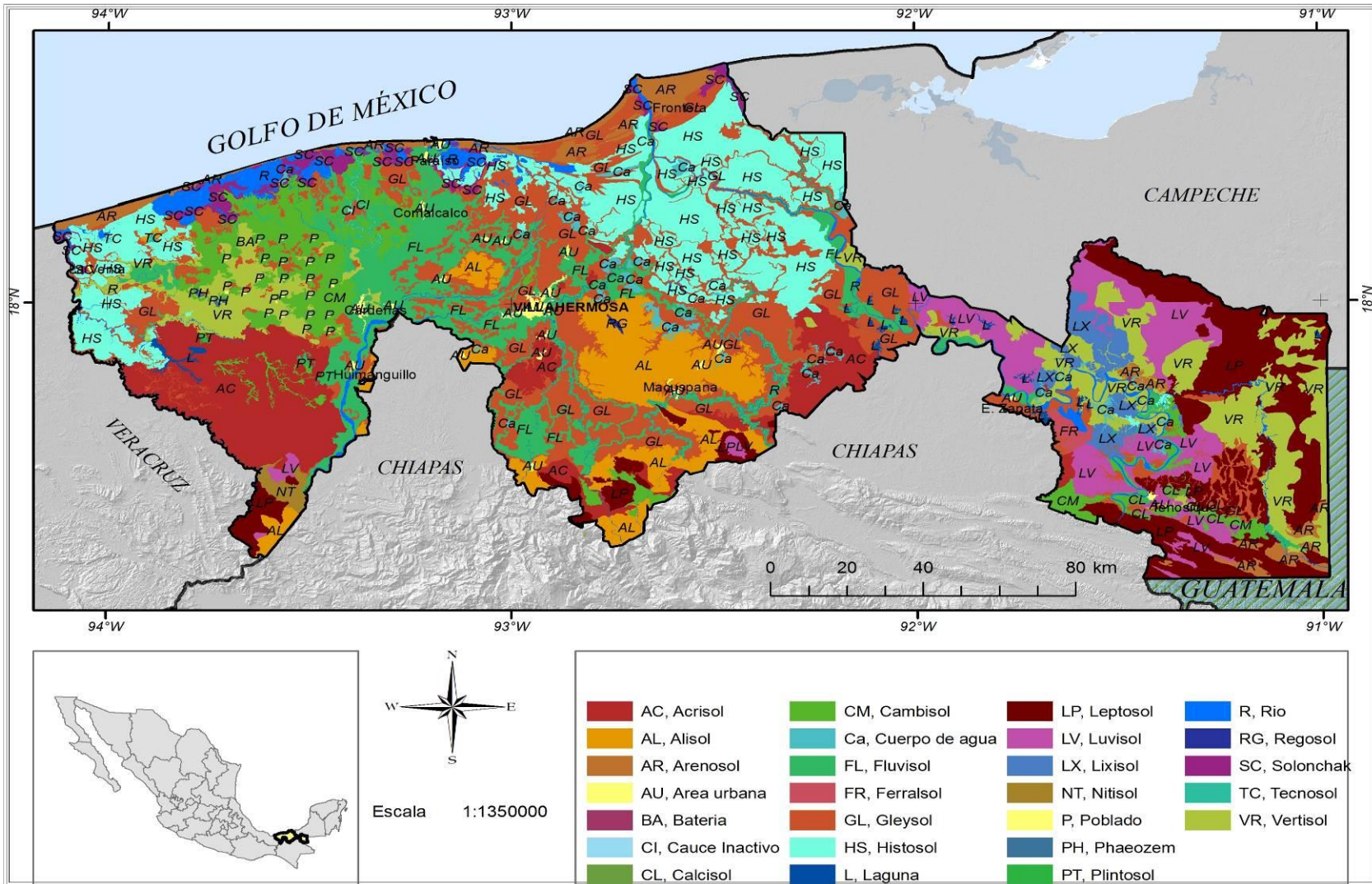


Figura 5. Grupos de suelos del estado de Tabasco de acuerdo con el referencial mundial de suelos (IUSS et al., 2007). Fuente: elaboración propia



**Cuadro 10. Superficie ocupada de los Grupos de suelos según el Referencial Mundial de Suelos (IUSS *et al.*, 2007) en el estado de Tabasco**

Unidades de suelos del grupo mayor			
Grupo	Clave	ha	%
Acrisol	AC	225,143.13	9.10
Alisol	AL	156 894.48	6.34
Arenosol	AR	62,901.15	2.53
Calcisol	CL	5 029.34	0.20
Cambisol	CM	142 646.24	5.77
Ferralsol	FR	6,976.93	0.28
Fluvisol	FL	299 196.79	12.10
Gleysol	GL	463 425.08	18.74
Histosol	HS	335161.85	13.55
Leptosol	LP	219,687.89	8.88
Lixisol	LX	38752.82	1.57
Luvisol	LV	135,550.31	5.48
Nitisol	NT	9 104.58	0.37
Phaeozem	PH	842.88	0.03
Plintisol	PT	1196.58	0.05
Regosol	RG	705.99	0.03
Solonchak	SC	32 499.28	1.31
Tecnosol	TC	822.80	0.03
Vertisol	VR	213782.95	8.64
Cuerpo de agua	CA	109 595.67	4.42
Cauce antiguo	CN	525.35	0.02
Área urbana	AU	14002.07	0.57
<b>Total</b>		<b>2 473 143.44</b>	<b>100.00</b>

### 2.3.1 Acrisol (AC)

Este grupo de suelo cuenta con una superficie de 225,143.13 ha que representa el 9.10 % de la superficie total. Se identifican fácilmente en la parte de los lomeríos que conforman la sabana de Huimanguillo y parte de los lomeríos de la parte central de Emiliano Zapata, sur y suroeste de Balancán, noroeste de Tenosique, en pequeños manchones en el área de los lomeríos de Jalapa, Macuspana, Centro y al sur de Jonuta. De acuerdo a la clasificación, estos suelos tienen un horizonte B árgico con una Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) menor a 24 cmol (+) kg<sup>-1</sup> de arcilla y una

saturación de bases menor al 50 %, en al menos alguna parte del horizonte B dentro de los primeros 125 cm de profundidad (IUSS *et al.*, 2007). Son suelos ocupados con sabana, comunmemnte al ubicarse en los lomeríos de Tabasco las ligeras pendientes provocan que esten propensos a la erosión, y por lo tanto el lavado de bases los que los hace más ácidos, de poca fertilidad, con baja saturación de bases, y alta concentración de aluminio intercambiable principalmente, de acuerdo a Zapata, (2004) y Palma-López *et al.* (2007), estos suelos al ser muy ácidos los llama como los más intemperizados, lixiviados y ácidos. Que se debe más que nada de acuerdo a Sommer *et al.* 2010; Zavala *et al.* 2012 por la amplia gama de materiales parentales como rocas acidas o arcillas.

Anteriormente este grupo de suelo se había encontrado en el estado de Tabasco con el 7.9% del total del área de estudio (Palma-López *et al.*, 2007), sin embargo, recientes investigaciones (Zavala *et al.*, 2011; Salgado *et al.* 2007, 2010), han trabajado a escala semidetallada (1:250 000 y 1:50 000), encontraron nuevas superficies de suelos pertenecientes a este grupo. Con la actualización de la clasificación se identificaron nuevos calificadores para este tipo de suelo en el estado de Tabasco, como Umbrico y Cutánico (Cuadro 11).

Lo anterior está plasmado en esta actualización, dando como resultado que este Grupo de los Acrisoles abarque el 9.10 % de la superficie total del Estado, con 16 Unidades de suelo y una gran variedad de calificadores (Cuadro 11). Los calificadores se definen en el cuadro (24). En cuanto a las características de este Grupo de suelos varios autores reportan que son suelos lixiviados, de baja fertilidad y ácidos (Salgado *et al.*, 2007), coincidiendo con lo encontrado en este trabajo.

**Cuadro 11. Subunidades de suelos del Grupo Acrisol**

<b>SUBUNIDAD DE SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Acrisol Cutánico (Arcílico, Epiéutrico, Férrico)	ACct(ce,ee,fr)	37427.11	1.51
Acrisol Cutánico (Arcílico, Hiperdídrico, Húmico)	ACct(ce,hd,hu)	5289.54	0.21
Acrisol Cutánico (Crómico, Arcílico, Húmico)	ACct(cr,ce, hu)	21020.41	0.85
Acrisol Cutánico (Hiperdídrico, Férrico)	ACct(hd,fr)	22929.67	0.93
Acrisol Cutánico Vético (Abrúptico)	ACctvt(ap)	356.8096	0.01
Acrisol Gléyico Plíntico (Hiperdídrico)	ACgpl(hd)	19563.18	0.79
Acrisol Plíntico (Férrico)	ACpl(fr)	17937.84	0.73
Acrisol Plíntico (Húmico)	ACpl(hu)	4217.920	0.17
Acrisol Úmbrico (Férrico)	ACum(fr)	21824.05	0.88
Acrisol Úmbrico (Hiperdídrico)	ACum(hd)	2673.50876	0.11
Acrisol Úmbrico (Húmico)	ACum(hu)	13086.8097	0.53
Acrisol Úmbrico Cutánico (Hiperdídrico, Húmico)	ACumct(hd,hu)	613.374129	0.02
Acrisol Úmbrico Cutánico (Endoarcílico, Hiperdídrico)	ACumct(nce,hd)	23539.7537	0.95
Acrisol Úmbrico Cutánico (Endoarcílico, Hiperdídrico, Férrico)	ACumct(nce,hd,fr)	15224.6548	0.62
Acrisol Úmbrico Cutánico (Hiperdídrico, Férrico)	ACumglct(hd,fr)	11132.4511	0.45
Acrisol Úmbrico Plíntico (Hiperdídrico)	ACumpl(hd)	8306.01763	0.34
<b>TOTAL</b>		<b>225,143.131</b>	<b>9.10</b>

### 2.3.2 Alisol (AL)

Estos suelos tienen un horizonte B árgico con una CIC de 24 cmol (+) kg<sup>-1</sup> de arcilla o más en todo el espesor y una saturación de bases menor a 50%, entre 50 y 100 cm de profundidad, (IUSS *et al.*, 2007) están desarrollados en materiales derivados de la meteorización de rocas básicas en colinas y topografías onduladas como es el caso de los lomeríos de Tabasco, que la estar el lugares con ligeras pendientes la erosión hídrica los hace que la baja fertilidad este presente. Según SEMARNAT (2002) y Volker *et al.* (2005), esta baja fertilidad se debe por el altos contenidos de de aluminio.

La mayoría de estos suelos encontrados en el estado de Tabasco están distribuidos en la parte de los lomeríos o tierras rojas de la región centro, colindando con el municipio de Teapa, Jalapa, Tacotalpa Macuspana y Huimanguillo, con una superficie de 156 894.48ha que representa el 6.34 % del total del área de estudio. Son suelos ácidos, con riesgos de erosión hídrica, de moderados a bajos contenidos de aluminio

intercambiable, cultivados con pastizales, algunos con sabanas o con cítricos. De acuerdo a Palma López *et al.* (2007) se contaba con un 0.3 % de este suelo en todo el estado, distribuido en pequeñas superficies. Al respecto Zavala *et al.* (2011), trabajando a escala 1:250 000 encontró en la parte sur colindando con el estado de Chiapas nuevas subunidades de este Grupo de suelos con los calificadores como Úmbrico, Léptico y Cutánico. Este incremento en superficie de este Grupo se debe por la pérdida de suelo y de su fertilidad ocasionada por la fuerte erosión, tal como lo aseveran Zetina *et al.* (2002), los cuales mencionan que el incremento de estos suelos ácidos en los últimos años es consecuencia de varios factores como pérdida de la capa arable por erosión, la deforestación y manejo inadecuado de prácticas productivas, entre otros. Palma-López *et al.* (2007) señalan que se tienen problemas de fertilidad en estos suelos, Por lo que Zavala *et al.* (2012), indican se debe usar prácticas de conservación para mejorar la disponibilidad de nutriente y evitar la erosión en este Grupo de suelos. Dentro de este grupo se presenta 8 unidades de suelos (Cuadro 12), sus calificadores principales y secundarios en el cuadro 24.

**Cuadro 12. Subunidades de suelos del Grupo Alisol**

<b>SUBUNIDAD DE SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Alisol Cutánico (Arcílico)	ALct(ce)	24685.12	1.00
Alisol Cutánico (Ródico, Arcílico, Epiéutrico)	ALct(ro,ce,ee)	4868.50	0.20
Alisol Gléyico Cutánico (Arcílico, Oxiácuico, Abrúptico)	ALglct(ce,oa,ap)	6197.26	0.25
Alisol Háptico (Profúndico, Hiperdístrico)	ALha(pf,hd)	831.15	0.03
Alisol Léptico Cutánico (Arcílico, Epiéutrico)	ALlect(ce,ee)	9806.01	0.40
Alisol Léptico Cutánico (Crómico, Arcílico)	ALlect(cr,ce)	6426.96	0.26
Alisol Úmbrico Cutánico (Arcílico, Hiperdístrico)	ALumct(ce,hd)	94978.47	3.84
Alisol Úmbrico Gléyico (Hiperdístrico)	ALumgl(hd)	9101.01	0.37
<b>TOTAL</b>		<b>156894.48</b>	<b>6.34</b>

### 2.3.3 Arenosol (AR)

Son suelos que tienen materiales no consolidados, de textura gruesa (arenosa) incluyen tanto suelos desarrollados en arenas residuales (areniscas) después de su meteorización in situ, de sedimentos o rocas ricas en cuarzo y suelos desarrollados en

arenas recién depositadas en forma de dunas o playas (IUSS *et al.*, 2007). Porta *et al.* (2005) señalan que se forman principalmente a lo largo de las costas presentando acumulaciones de sales marinas, principalmente cloruro sódico, procedente de capas freáticas salinas poco profundas y de agua de inundación por efectos mareales. En Tabasco este grupo de suelos se caracteriza por presentar texturas arenosas, alta infiltración, muy baja fertilidad debido a la baja CIC y la poca retención de nutrientes, son de ligera a moderadamente ácidos, propensos a la erosión hídrica y eólica, ocupados por cultivos de cocos y en algunos lugares por hortalizas bajo riego. Se distribuyen en la franja costera del estado de Tabasco abarcando la parte norte de los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso y Centla, en este último la franja costera se amplía formando el delta del Grijalva-Usumacinta. También se le encuentra en pequeños manchones en los municipios de Balancán y Tenosique, tal y como lo señala Ortiz *et al.* (2005). En años anteriores se había reportado un 3.3 % de superficie en todo el Estado (Palma-López *et al.*, 2007). Actualmente con trabajos realizados por Zavala *et al.* (2011); y Zavala *et al.*, (2012) se cuenta con una nueva superficie de 62,901.15 ha que representa el 2.53 % del total del estado de Tabasco. Esta disminución de suelos puese ser generada por la fuerte erocion hídrica y eólica que ocasiona el arrastre de materiales hacia el mar. De acuerdo a Hernández *et al.* (2005) y Morton *et al.* (2005) esta disminución en cuanto a superficie se debe a un retroceso en la costa del Golfo de México, que actualmente está siendo amenazadas por el ascenso del mar afectando considerablemente la agricultura. Dentro de este grupo de suelo solo encontramos 5 subunidades de suelo que se presentan en el cuadro 13. La descripción de los calificadores principales y secundarios en el cuadro 24.

**Cuadro 13. Subunidades de suelos del Grupo Arenosol**

<b>SUBUNIDAD DE SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Arenosol Ferrálico Rúbico (Éutrico)	ARflru (eu)	4259.20	0.17
Arenosol Háplico (Dístrico)	ARha(dy)	5471.46	0.22
Arenosol Háplico (Éutrico)	ARha(eu)	38592.27	1.56
Arenosol Hipolúvico	ARlww	14179.00	0.57
Arenosol Endogléyico (Éutrico)	ARng(eu)	399.23	0.02
<b>TOTAL</b>		<b>62901.15</b>	<b>2.53</b>

### 2.3.4 Calcisol (CL)

Los Calcisoles se caracterizan por la abundante formación de carbonatos de calcio en el suelo, los cuales se van acumulando en forma secundaria en los horizontes inferiores, formando lo que se denomina como horizonte cálcico. De acuerdo a la IUSS *et al.*, (2007) estos suelos son altamente calcáreos originados por materiales residuales, aluviales, coluviales y eólicos altamente carbonatados. No son muy comunes en climas tropicales húmedos, ya que las abundantes lluvias lavan el material calcáreo. En Tabasco se presentan en los lugares donde la roca madre es caliza o bien en suelos transportados recientemente, que provengan de materiales ricos en carbonato de calcio. Por lo anterior en el Estado solo se cuenta con una pequeña superficie de 5 029.34 ha que representa apenas el 0.20%, del total del estado de Tabasco ubicado en pequeños manchones en el municipio de Tenosique y parte de Tacotalpa y Macuspana. anteriormente este grupo no se había reportado, debido a la mínima superficie con la que cuenta, lo cual pudo ser puesto en evidencia por estudios semidetallados como el realizado por Salgado *et al.* (2008) a escala 1:50 000, esto ha permitido que al homogenizar la cartografía a escala de gran visión, se conserven algunos polígonos, dentro de ellos, los de los Calcisoles que se desarrollan sobre sedimentos ricos en calizas que han sido depositados en las laderas por gravedad (coluvial) o por el agua (aluvial). De acuerdo a su análisis químicos el pH de estos suelos van de neutro a moderadamente alcalino con la profundidad, es ricos en nutrimentos, con saturación de calcio, buena productividad y en algunos casos de moderada profundidad. La FAO (2001) indica que el potencial agrícola de estos suelos puede ser alto, siempre y cuando se cuente con la infraestructura adecuada. Por ello Espinosa *et al.* (2011) mencionan que bajo un sistema de riego son suelos agrícolas muy productivos.

Dentro de este grupo de suelos se encuentran solo tres unidades (Cuadro 14), la descripción de los calificadores principales y secundarios se presenta en el cuadro 24.

## Cuadro 14. Subunidades de suelos del Grupo Calcisol

SUBUNIDAD DE SUELO	CLAVE	ha	%
Calcisol Hipocálcico (Arcílico)	CLwc(ce)	1744.69	0.07
Cálcisol Hipocálcico (Límico)	CLwc(sl)	1636.35	0.07
Cálcisol Hipocálcico (Rúptico)	CLwc(rp)	1648.30	0.07
<b>Total</b>		<b>5029.34</b>	<b>0.20</b>

### 2.3.5 Cambisol (CM)

Estos suelos tienen un horizonte cámbico y no tienen otro horizonte de diagnóstico más que un ócrico, un úmbrico o un mólico encima del cámbico, con un grado de formación incipiente, que combina horizontes superficiales jóvenes, con una ligera transformación del material parental que forma horizontes cámbicos diferenciados ya sea por el desarrollo de estructura y decoloración (principalmente a colores parduzcos), por ligero incremento en el porcentaje de arcilla, por remoción de carbonatos o por la presencia de propiedades gléyicas dentro de los 100 cm de profundidad (IUSS *et al.*, 2007). FitzPatrick (1984) señala que estos suelos se desarrollan en sitios con topografía plana a fuertemente inclinada, alcanzando su mayor desarrollo en sitios planos en donde el cambio en el color, estructura y consistencia es resultado de la intemperización. Van Wambeke (1992) y Palma-López *et al.* (2007a), por su parte mencionan que por su ligero desarrollo en los horizontes subperficiales se caracterizan por ser suelos con un grado de desarrollo mínimo. En algunos casos su profundidad está limitada (calificador Léptico y Esquelético); sin embargo, la mayor parte de las unidades el suelos presenta alta saturación de bases, el cual indica según Bautista *et al.* (2005) que son suelos muy fértiles de buena calidad agrícola. En el estado de Tabasco Palma-López *et al.* (2007a) reporta el 1.2 % de este grupo. Con estudios recientes realizados por Palma López *et al.* (2008) Salgado *et al.* (2008, 2009, 2010) y Zavala *et al.* (2011), trabajando a diferentes escala (1:50 000, 1:250 000, 1:75 000) encontraron una gran diversidad de subunidades alcanzando una superficie de 142 646.24 ha que representa el 5.77 % de la superficie total del Estado. Se distribuyen en los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán y Huimanguillo, al sur del municipio de Emiliano Zapata y

centro de Tenosique. De acuerdo a sus características las nuevas subunidades de suelos encontradas presentan los calificadores: Flúvico, Stágnico, Vértico, Léptico, Técnico y Háplico (Cuadro 15). La definición de sus calificadores principales y secundarios se muestra en el cuadro 24.

**Cuadro 15. Subunidades de suelo del Grupo de Cambisol**

<b>SUBUNIDAD DE SUELOS</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Cambisol Flúvico (Arcílico, Éutrico)	CMfl(ce,eu)	12215.69	0.49
Cambisol Flúvico Gléyico (Dístrico)	CMflng(dy)	5725.76	0.23
Cambisol Flúvico (Éutrico)	CMfv(eu)	3185.45	0.13
Cambisol Flúvico (Esquelético, Éutrico)	CMfv(sk,eu)	2823.48	0.11
Cambisol Háplico (Éutrico)	CMha(eu)	933.54	0.04
Cambisol Háplico (Éutrico, Calcárico)	CMha(eu,ca)	1876.47	0.08
Cambisol Léptico (Dístrico)	CMle(dy)	2061.37	0.08
Cambisol Léptico (Éutrico)	CMle(eu)	4092.00	0.17
Cambisol Léptico (Esquelético, Éutrico)	CMle(sk,eu)	1038.94	0.04
Cambisol Endogleyico (Arcílico Éutrico)	CMng(ce,eu)	25518.27	1.03
Cambisol Endoléyico, (Éutrico)	CMng(eu)	7063.84	0.29
Cambisol Endogléyico Vértico (Arcílico, Éutrico)	CMngvr(ce,eu)	10211.49	0.41
Cambisol Endogléyico Vértico (Éutrico)	CMngvr(eu)	52843.27	2.14
Cambisol Stágnico (Arcílico, Éutrico)	CMst(ce,eu)	2218.66	0.09
Cambisol Stágnico (Éutrico)	CMst(eu)	189.47	0.01
Cambisol Stágnico Endogléyico (Éutrico, Férrico)	CMstng(eu,fr)	7166.96	0.29
Cambisol Técnico (Arcílico, Éutrico)	CMte(ce,eu)	1073.42	0.04
Cambisol Vértico (Arcílico, Éutrico)	CMvr(ce,eu)	2408.15	0.10
<b>TOTAL</b>		<b>142646.24</b>	<b>5.77</b>

### 2.3.6 Fluvisol (FL)

Suelos que tienen materiales flúvicos debido a que se formaron a partir de sedimentos fluviales, lacustres o marinos recientes y que reciben materiales nuevos a intervalos regulares o los recibieron en el pasado reciente. Por lo mismo, presentan contenidos de carbono orgánico que decrece irregularmente con la profundidad o que permanece por encima de 0.2 % a una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo mineral; no tienen ningún otro horizonte de diagnóstico más que un ócrico, mólico o úmbrico o un horizonte sulfúrico o materiales sulfídicos a menos de 125 cm (IUSS *et al.*, 2007). Se



inundan solo periódicamente por lo que presenta las mejores condiciones para el uso agrícola (Zavala *et al.*, 2012).

En Tabasco este Grupo de suelo en su mayoría es de origen aluvial se distribuyen en casi todo el estado, abarcan 299,196.79 ha, que representa el 12.10 % de la superficie total del Estado. Se encuentra distribuido en forma paralela a los cauces de la gran cantidad de ríos y arroyos denominándose localmente como “vegas de río”, donde se destaca por su extensión la “vega” del río Seco que abarca toda la franja de los municipios de Cárdenas, Cunduacán y Comalcalco. Son suelos de muy buena calidad productiva, con texturas francas sobre gruesas (aunque se pueden presentar estratificaciones texturales debido a los periodos de aluvionamiento), alta fertilidad, con pocos problemas de drenaje y ocupados con cultivos de: cacao, plátano, papaya, hortalizas y praderas con pastos mejorados, entre otros. Por lo que para Palma-López *et al.*, (2007a) y Zavala *et al.* (2012) estos suelos son considerados los más fértiles dentro del Estado.

Anteriormente investigadores como Palma-López *et al.* (2007a) habían reportado 10.8 % de estos suelos. Este crecimiento se debe que continuamente los arrastres de los ríos a traído consigo acumulación de materiales orgánicos en toda la franca de los ríos, por lo tanto podría ocasionar más adelante, lo que establece Ramos *et al.* (2004) al mencionar que debido al crecimiento demográfico en el futuro se daría el cambio de uso de estas tierras fértiles hacia un uso urbano en el estado de Tabasco.

Las unidades de suelo encontradas se presentan en la Cuadro 16 y la definición de sus calificadores se encuentra en el Cuadro 24.

### **Cuadro 16. Subunidades de suelos del Grupo Fluvisol**

<b>SUBUNIDAD DE SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Flúvisol Gléyico (Arcílico, Éutrico)	FLgl(ce,eu)	17848.29	0.72
Fluvisol Gléyico (Éutrico)	FLgl(eu)	8256.07	0.33
Fluvisol Gléyico (Éutrico Sódico)	FLgl(eu,so)	6928.68	0.28
Fluvisol Háptico (Arénico Éutrico, Calcárico)	FLha(ar,eu,ca)	29768.89	1.20
Flúvisol Háptico (Arcílico, Éutrico)	FLha(ce,eu)	5858.83	0.24
Fluvisol Háptico (Éutrico)	FLha(eu)	45081.65	1.82

Flúvisol Háptico (Éutrico, Calcárico)	FLha(eu,ca)	28411.64	1.15
Flúvisol Háptico (Límico, Éutrico)	FLha(sl,eu)	12662.48	0.51
Flúvisol Háptico (Calcarico, Eutrico,Arenico)	FLha(ca,eu,ar)	29768.89	1.20
Fluvisol Mólico (Éutrico)	FLmo(eu)	31694.71	1.28
Fluvisol Mólico (Éutrico, Calcárico)	FLmo(eu,ca)	33596.55	1.36
Fluvisol Mólico Gléyico (Arcílico, Éutrico, Húmico)	FLmogl(ce,eu,hu)	1303.65	0.05
Fluvisol Mólico Gléyico (Arcílico, Húmico)	FLmogl(ce,hu)	551.13	0.02
Flúvisol Stágno (Éutrico)	FLst(eu)	20363.65	0.82
Flúvisol Úmbrico (Arcílico, Húmico)	FLum(ce,hu)	18180.64	0.74
Flúvisol Úmbrico (Dístrico)	FLum(dy)	8921.04	0.36
<b>TOTAL</b>		<b>299196.79</b>	<b>12.10</b>

### 2.3.7 Ferralsol (FR)

Son suelos que poseen un horizonte ferrálico de color que va de rojo a rojo oscuro, son fuertemente meteorizados, profundos, con límites difusos entre los horizontes, con dominancia de arcillas de baja actividad (principalmente caolinitas) y una gran cantidad de sesquióxidos de hierro y aluminio, lo cual le da la coloración rojiza al suelo. Pueden tener plintita a menos de 125 cm de profundidad, el horizonte B es muy intemperizado por lo que tiene una CIC menor de 16 cmol (+) kg<sup>-1</sup> de arcilla en al menos 30 cm de espesor. Pueden ser de color rojo a amarillo, a veces mezclas de ambos, generalmente son suelos friables pero de muy baja fertilidad, ácidos, con alta fijación de fósforo y con problemas de endurecimiento durante la época seca en los horizontes inferiores, (IUSS *et al.*, (2007). Este tipo de suelo presenta una fuerte meteorización, en efecto Palma López *et al.* (2007a) mencionan que son los más intemperizados y desarrollados. De tal manera que su uso agrícola se ve restringido a los sistemas de producción que soportan extrema acidez y baja fertilidad (Palma-López *et al.*, 2002).

Dentro del estado este Grupo de suelos se distribuyen en algunos manchones al sur del municipio de Balancán ocupados por cultivos de pastizales de muy baja productividad, con una superficie de 6,976.93 ha que corresponden apenas el 0.28% de la superficie total. Sin embargo, Palma López *et al.* (2007a) describe a este Grupo con un 0.4%, de la superficie del estado. La disminución en superficie encontrada se basa en los estudios semidetallados realizados por Palma-López *et al.* (2008) así como por Salgado *et al.* (2008), donde trabajaron a escala 1:75 000 y 1:50 000 respectivamente, por lo

que se logró precisar la superficie real y se detectó solo una unidad de suelo Ferralsol Molico Rodico.

### **2.3.8 Gleysol (GL)**

De acuerdo a la clasificación de la IUSS *et al.* (2007), estos suelos son llamados así por presentar un horizonte mólico, un horizonte hístico, un horizonte cámbico, un horizonte cálcico o un horizonte gypico, En estos suelos el nivel freático es elevado, cercano a la superficie, por lo que dentro de los 50 cm superficiales presentan condiciones de reducción y en la mitad o más del volumen de suelo un patrón de color gléyico (colores grisáceos solo o combinado con colores rojizos o amarillentos) (IUSS *et al.*, 2007). En Tabasco estos suelos son susceptibles a las inundaciones debido a su textura arcillosa y su mal drenaje por su posición en el paisaje en las partes bajas (Zavala, 1993). Tienen rasgos hidromórficos producto de procesos de oxidación y reducción alternados, los cuales se asocian con contenidos variables de agua en todo el año (Zavala *et al.*, 2009; Gutiérrez y Zavala, 2011). Las características de estos Gleysoles concuerdan con lo establecido por Veneman *et al.* (1976) ya que cuando un suelo presenta un ambiente de inundación y existe una fuente importante de energía, el Fe y el Mn son reducidos dentro del perfil. Los resultados encontrados coinciden también con Zavala *et al.* (1999), quienes consideran a estos suelos, ricos en materia orgánica y con deficiente drenaje superficial.

Este grupo de suelo se localiza en áreas cercanas a las lagunas de los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso y Centla, así como en las partes bajas de las regiones de los Ríos y de la Sierra, al sur del municipio de Jonuta y al este de Macuspana. Palma-López y Cisneros (2000) en sus estudios mencionaron que estos suelos ocupaban el 8.53 % de todo el estado, posteriormente Palma-López *et al* (2007b) reportaron un aumento, alcanzando un 22.9%. Con la actualización de los estudios recientes como Zavala *et al.* (2012) y la digitalización de ortofotomapas a escala 1:50 000 se completó el trabajo y se acotó la superficie ocupada por los Gleysoles a solo el 8.74 % de la superficie es de 463 425.08 ha. Esta disminución está de acuerdo con lo establecido por Moreno-Casasola *et al.* (2009) quienes mencionan que la pérdida de

superficie se debe que estos suelos se han usado para la ganadería y la agricultura (mediante drenaje artificial) y más recientemente han sido sustituidos por la urbanización, encontrándose actualmente entre los ecosistemas más amenazados, por lo que paulatinamente algunos Gleysoles pueden haberse transformados en Tecnosoles y Cambisoles, además de que con los estudios más detallados fue posible establecer mejor los límites de las áreas inundables asociadas a estos suelos.

Las unidades de suelo encontradas se presentan en la cuadro 17 y la definición de sus calificadores se encuentra en el cuadro 24.

**Cuadro 17. Subunidades de suelos del Grupo Gleysol**

<b>SUBUNIDAD DE SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Gleysol Álico ( Endoarcílico, Dístrico, Húmico)	GLal(nce,dy,hu)	3344.68	0.14
Gleysol Cálcico (Éutrico)	GLcc(eu)	489.40	0.02
Gleysol Háplico (Arcílico, Éutrico)	GLha(ce,eu)	72241.69	2.92
Gleysol Háplico (Arcílico, Éutrico, Húmico)	GLha(ce,eu,hu)	80990.93	3.27
Gleysol Háplico (Arcílico, Éutrico, Sódico)	GLha(ce,eu,so)	2098.03	0.08
Gleysol Háplico (Dístrico)	GLha(dy)	24542.43	0.99
Gleysol Háplico (Dístrico, Húmico)	GLha(dy,hu)	1330.36	0.05
Gleysol Háplico (Éutrico)	GLha(eu)	63148.30	2.55
Gleysol Háplico (Éutrico, Sódico)	GLha(eu,so)	11394.17	0.46
Gleysol Háplico (Húmico, Sódico)	GLha(hu,so)	23875.97	0.97
Gleysol Háplico (Límico, Éutrico)	GLha(sl,eu)	3704.93	0.15
Gleysol Hístico (Arénico Dístrico)	GLhi(ar,dy)	330.89	0.01
Gleysol Hístico (Calcárico)	GLhi(ca)	432.44	0.02
Gleysol Hístico (Arcílico, Éutrico)	GLhi(ce,eu)	480.05	0.02
Gleysol Hístico (Dístrico, Húmico)	GLhi(dy,hu)	434.83	0.02
Gleysol Hístico (Dístrico, Sódico)	GLhi(dy,so)	990.02	0.04
Gleysol Hístico (Éutrico, Sódico)	GLhi(eu,so)	3076.58	0.12
Gleysol Hístico (Éutrico, Sódico, Húmico)	GLhi(eu,so,hu)	2117.15	0.09
Gleysol Mólico (Arénico, Éutrico, Húmico)	GLmo(ar,eu,hu)	7121.63	0.29
Gleysol Mólico (Arénico, Éutrico, Sódico)	GLmo(ar,eu,so)	247.91	0.01
Gleysol Mólico (Arcílico, Éutrico)	GLmo(ce,eu)	55451.92	2.24
Gleysol Mólico (Arcílico, Éutrico, Húmico)	GLmo(ce,eu,hu)	45215.41	1.83
Gleysol Mólico (Arcílico, Éutrico, Sódico)	GLmo(ce,eu,so)	2620.67	0.11
Gleysol Mólico (Éutrico, Húmico)	GLmo(eu,hu)	6066.06	0.25
Gleysol Úmbrico (Arcílico, Dístrico)	GLum(ce,dy)	51678.63	2.09
<b>TOTAL</b>		<b>463425.08</b>	<b>18.74</b>

### 2.3.9 Histosol (HS)

En el estado de Tabasco estos suelos ocupan una superficie de 335 161.85 ha que representa el 13.55 % de la superficie total del Estado. Son los únicos suelos orgánicos del sistema de clasificación, por lo que son considerados muy especiales, se le conocen localmente como “tembladeras” o “pantanales”. De acuerdo a su clasificación estos suelos tienen materiales orgánicos (horizonte hístico con más de 20% de materia orgánica) en 40 cm de espesor o más (60 cm o más si tienen una densidad aparente inferior a  $0.1 \text{ Mg m}^{-3}$ ), que se extiende de manera continua por debajo de la superficie del suelo o acumulativamente dentro de los primeros 100 cm de profundidad; el espesor del horizonte hístico puede ser menor si descansa sobre una roca o sobre un material fragmentado cuyos intersticios estén llenos de materia orgánica (IUSS *et al.*, 2007). Estos suelos también son denominados turba y se forman por la continua adición de materia orgánica. Al respecto Bautista *et al.* (2011), indican que las condiciones reductoras y los aportes de la hojarasca propician la acumulación de la materia orgánica debido a la disminución de la descomposición por la falta de oxígeno disponible, en el caso de los climas tropicales húmedos, por la acumulación de los residuos de la abundante vegetación (en manglares, selvas o vegetación hidrófila), en áreas con pendientes cóncavas que acumulan agua y que presentan un exceso de humedad casi permanente durante el año (pantanos y bajiales) (Palma-López, 2007b). En el caso de Tabasco esta acumulación se da en las áreas más bajas del estado (pantanos de Cárdenas, Huimanguillo y Centla).

De acuerdo a Palma López y Cisneros (2000) este grupo de suelo ocupaban el 1.51 % en todo el Estado. Posteriormente con la actualización de Palma-López *et al.* (2007a) reportaron el 3.7 %, sin embargo, de acuerdo a recientes investigaciones realizadas por Zavala *et al.* (2011), a escala 1:50 000 se encontraron nuevas superficies de suelos en área de difícil acceso pertenecientes a este grupo, alcanzando el 9.08 %, lo que se ve reflejado en mayor superficie de Histosoles en el municipio de Centla (Figura 5).

Cabe destacar que estos suelos son muy conocidos por ser fértiles, con anegamiento casi permanente, con muy baja densidad aparente, escasa potencialidad agropecuaria y ocupados principalmente con vegetación hidrófila, acahuales, selvas o manglares, tal

y como lo menciona Zavala *et al.* (1999), poseen nutrientes en cantidades elevadas, sin embargo Bautista *et al.* (2011), señalan que son altamente sensibles a los procesos degradativos como salinización y descomposición de la materia orgánica cuando son sometidos a drenaje artificial (Palma-López *et al.*, 2007b), por lo que su uso agropecuario se ve restringido por los problemas de inundación y anegamiento. Palma López *et al.* (2007) coinciden con lo anterior e indican que estos suelos no son aptos para la producción agropecuaria y deben dedicarse a la salvaguarda de la vida silvestre, ecoturismo y servicios ambientales (Palma-López *et al.*, 2011).

Dentro de este grupo fueron a pesar de su extensión solo fueron encontradas 8 unidades de suelos que se presentan en el cuadro 18 y la definición de sus calificadores en el cuadro 24.

**Cuadro 18. Subunidades de suelos del Grupo Histosol**

<b>SUBUNIDAD DE SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Hístosol Rheico Hémico (Dístrico)	HSrhhm(dy)	246876.83	9.98
Hístosol Sálico Rheico Hémico (Dístrico, Sódico)	HSrhhm(dy,so)	10162.93	0.41
Hístosol Rheico Hémico (Éutrico)	HSrhhm(eu)	9258.96	0.37
Hístosol Rheico Hémico (Dístrico, Sódico)	HSrhhm(eu,so)	13591.19	0.55
Hístosol Rheico Sáprico (Dístrico, Sódico)	HSrhsa(dy,so)	12803.94	0.52
Hístosol Rheico Sáprico (Éutrico, Sódico),	HSrhsa(eu,so)	35059.20	1.42
Hístosol Sáprico (Éutrico).	HSsa(eu)	2163.81	0.09
Hístosol Salico Rheico Hémico (Dístrico,Sódico)	HSszzrhhm(dy,so)	5245.01	0.21
		<b>335161.85</b>	<b>13.55</b>

### **2.3.10 Leptosol (LP)**

Son suelos muy someros (delgados) que descansan sobre roca continua o suelos extremadamente gravillosos, gravosos y/o pedregosos (Bautista *et al.*, 2011), son particularmente comunes en regiones cerriles o montañosas. Tienen una roca continua dentro de los 25 cm de la superficie del suelo o poseen menos de 20 % de tierra fina (cuando se trata de suelos gravillosos y/o pedregosos) en promedio, hasta una profundidad de 75 cm de la superficie del suelo (IUSS *et al.*, 2007). En Tabasco ocupan una superficie de 219 687.89 ha, que representa el 8.88% del total del área. Estos

suelos fueron detectados y descritos en los estudios de Zavala *et al.* (2011) a escala 1:250 000, Salgado *et al.* (2008) escala 1:50 000, Palma-López *et al.* (2008) escala 1:75 000 y Palma-López *et al.* (2007a) a escala 1:250 000 apoyándose en el Referencial Mundial de Suelos (IUSS Grupo de trabajo WRB, 2007). Las unidades encontradas se muestran en el cuadro 19 y sus calificadores se describen en el cuadro 24

En estudios anteriores Palma-López *et al.* (2002) habían reportado un 7.71 % de superficie en todo el Estado, en una actualización posterior realizada por Palma-López *et al.* (2007a) se encontró que abarcan el 8.1 % de la superficie del estado y que presentaban solo dos calificadores, Réndzicos y líticos y una asociación con Vertisoles que abarcaba 2.5 % de superficie total del estado. Con la integración de los nuevos trabajos se logró separar la asociación y determinar con mayor precisión la superficie ocupada por los Leptosoles e integrar nuevos calificadores.

Comúnmente este grupo de suelos se encuentra en áreas abruptas, por lo tanto su aumento se puede deber, además de la mayor precisión de esta actualización, a la fuerte erosión de los suelos a debido a sus pendientes y deforestación ocasionando que los suelos pierdan grosor, al respecto Ramírez *et al.* (2011) señalan que estos dos factores (topografía y el clima) son los principales factores de formación y/o degradación de los suelos.

Este grupo de suelo se encuentra distribuido en la parte sur y este del estado. Dominando con mayor superficie los Leptosoles Réndzicos, suelos que la antigua clasificación FAO (1970) se denominaban Rendzinas, por ser suelos delgados que descansan sobre roca caliza pulverulenta. A pesar de que los Leptosoles tienen una profundidad menor a 30 cm, según Palma-López *et al.* (2007a) si se asocian al calificador Réndzico, normalmente presentan un mayor potencial agropecuario, ya que la profundidad de enraizamiento del suelo no se ve impedida por el material parental por ser este muy suave. Por lo anterior en estos suelos se pueden establecer algunos cultivos excelentemente como café y pastos y en los lugares menos escarpados caña de azúcar y maíz. Los Leptosoles de Tabasco son suelos que tienen problemas por su poca profundidad (excepto los Leptosoles Réndzicos), su posición topográfica en pendientes fuertes lo hacen propenso a la erosión, su poca accesibilidad, la poca cantidad de tierra explorable por las raíces, por lo que la mayor parte de estos suelos

deben de ser utilizados para el resguardo de selvas y de la vida silvestre, tal y como lo señala Palma-López *et al.* (2007a). El uso actual que predomina en este Grupo de suelos es la selva alta perennifolia, acahuales y cultivos perennes, también se han usado ampliamente para cultivos anuales aunque esta es una práctica que propicia la pérdida del suelo.

**Cuadro 19. Subunidades de suelos del Grupo Leptosol**

<b>SUBUNIDADES DEL SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Leptosol Lítico	LPlí	12617.78	0.51
Leptosol Mólico Gléyico(Hiperesquelético, Húmico)	LPmogl(hk,hu)	8020.05	0.32
Leptosol Réndzico	LPrz	156005.17	6.31
Leptosol Réndzico (Éútrico, Húmico, Calcarico)	LPrz(eu,hu,ca)	18984.10	0.77
Leptosol Réndzico (Hiperesquelético, Húmico)	LPrz(hk,hu)	1860.38	0.08
Leptosol Réndzico (Húmico)	LPrz(hu)	19947.83	0.81
Leptosol Úmbrico (Esquelético, Dístrico, Húmico)	LPum(sk,dy,hu)	2252.58	0.09
<b>TOTAL</b>		<b>219687.89</b>	<b>8.88</b>

### 2.3.11 Luvisol (LV)

De acuerdo a la Base Referencial Mundial Recurso Suelos, (IUSS *et al.*, 2007), los Luvisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla), que lleva a la formación de un horizonte sub-superficial árgico. Tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación de bases en la mayor parte del mismo. Estos suelos en Tabasco tienen una CIC mayor o igual a 24 cmol (+) kg<sup>-1</sup> de arcilla y una saturación de bases del 50% o más a través del horizonte B; carecen de un horizonte mólico; no tienen un horizonte álbico inmediatamente encima de un horizonte poco permeable y en algunos casos presentan propiedades gléyicas dentro de los 100 cm. Son suelos de moderada a alta fertilidad, de labranza fácil, son friables, profundos, con ciertos problemas de fijación de fósforo, moderadamente ácidos, de colores amarillentos a rojizos y de moderada a alta productividad agropecuaria. Es común verlos ocupados con cultivos de cítricos, mango, papaya, chile, praderas introducidas y sabana.



Ocupan una superficie de 135 550.31 ha que representa el 5.48 % de la superficie total del Estado, distribuyéndose en manchones al sur de Huimanguillo y Macuspana y, sobre todo, en una buena parte de Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique.

Palma-López y Cisneros (2002) reportaron un 11.12 % de superficie, de este grupo de suelo en todo el estado. Posteriormente se reporta el 10.8 % por Palma-López *et al.* (2007) y en la investigación realizada por Zavala *et al.* (2011), trabajando a escala 1:250 000 elimina un gran porcentaje de estos suelos que se ubicaban en el municipio de Macuspana remplazándolo por el Grupo Alisol. Salgado *et al.* (2008) y Palma López *et al.* (2008) en trabajos de mayor escala (1:50 000 y 1:75 000 respectivamente), encontraron diferentes suelo y nuevos calificadores en lugares donde supuestamente había Luvisoles, lo que disminuyó la superficie hasta quedar en 5.58 % en todo el estado.

Las Subunidades de suelo encontradas se presentan en el cuadro 20 y la definición de sus calificadores se encuentra en el cuadro 24.

#### **Cuadro 20. Subunidades de suelos del Grupo Luvisol**

<b>SUBUNIDADES DE SUELOS</b>	<b>CLAVE</b>	<b>HA</b>	<b>%</b>
Luvisol Cromico (Arcílico Hiperéutrico)	LVcr(ce,he)	27286.75	1.10
Luvisol Cutánico (Arcílico Hiperéutrico)	LVct(ce,he)	7198.45	0.29
Luvisol Cutánico (Hiperéutrico, Férrico)	LVct(he,fr)	2721.98	0.11
Luvisol Gléyico Vértico (Arcílico).	LVglvr(ce)	96043.01	3.88
Luvisol Léptico (Árcillico, Epiéutrico, Húmico, Abrúptico)	LVle(ce,ee,hu,ap)	2300.13	0.09
		<b>135550.31</b>	<b>5.48</b>

#### **2.3.12 Lixisol (LX)**

Son suelos que tienen un horizonte árgico de acumulación de arcilla en el subsuelo (producto de procesos pedogenéticos relacionados con la migración de arcillas de los horizontes superficiales), con predominio de minerales arcillosos de baja actividad (del grupo de las caolinitas); por eso, la capacidad de intercambio catiónico es menor a 24 cmol.kg<sup>-1</sup> de arcilla. Sin embargo, el horizonte árgico tiene una saturación de bases igual o mayor al 50 %, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del

suelo o dentro de los 200 cm de la superficie si el horizonte árgico tiene encima, textura arenosa, franca o más gruesa en todo el espesor (IUSS *et al.*, 2007). En Tabasco estos suelos son de moderada a alta acidez, de moderada a baja fertilidad, sin problemas de labranza, profundos, con problemas de fijación de fósforo y están utilizados principalmente con cultivos de pastizales de baja productividad. Ocupan una superficie de apenas 38 752.82 ha que representa el 1.57 % del total del Estado, distribuidos en manchones en los municipios de Emiliano Zapata, Tenosique, Balancán y una pequeña superficie en Teapa. Este tipo de suelo no se había reportado en las compilaciones anteriores debido a la poca superficie que ocupan, este Grupo se detectó a partir de trabajos recientes realizados por Palma-López *et al.* (2008) utilizando escala 1:75 000 y Zavala *et al.* (2011) a escala 1:250 000, se ubican en la parte Este del estado de Tabasco. Las subunidades de suelo encontradas se presentan en el cuadro 21 y la definición de sus calificadores se en el cuadro 24.

**Cuadro 21. Subunidades de suelos del Grupo Lixisol**

<b>SUBUNIDADES DE SUELO</b>	<b>CLAVE</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
Lixisol Cutánico (Arcílico, Hiperéutrico, Abrúptico)	LXct(ce,he,ap)	3901.93	0.16
Lixisol Cutánico (Crómico, Arénico, Hiperéutrico)	LXct(cr,ar,he)	4512.30	0.18
Lixisol Cutánico (Ródico, Hiperéutrico)	LXct(ro,he)	4590.20	0.19
Lixisol Cutánico (Ródico, Hiperéutrico, Abrúptico)	LXct(ro,he,ap)	254.60	0.01
Lixisol Gléyico (Arénico, Hiperéutrico, Abrúptico)	LXgl(ar,he,ap)	230.89	0.01
Lixisol Gléyico Cutánico (Arcílico Hiperéutrico),	LXglct(ce,he)	174.99	0.01
Lixisol Háptico (Arénico, Hiperéutrico Abrúptico)	LXha(ar,he,ap)	6381.81	0.26
Lixisol Háptico (Ródico Abrúptico)	LXha(ro,ap)	4427.82	0.18
Lixisol Gléyico Cutánico (Arcílico)	Lxglct(ce)	14278.27	0.58
<b>TOTAL</b>		<b>38752.82</b>	<b>1.57</b>

### 2.3.13 Nitisol (NT)

Los Nitisoles son suelos que tienen un horizonte subsuperficial rico en arcilla (30% de arcilla o más) denominado nítico, que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo, este horizonte se caracteriza porque tiene una estructura poliédrica de moderada a fuertemente desarrollada, que se rompe en subestructuras con bordes chatos, con forma de nuez, con muchas caras de agregados brillantes, que parcialmente se debe a

la iluviación de arcilla. Son suelos rojos, profundos, bien drenados con límites difusos entre horizontes, con una meteorización muy avanzada que se evidencia por el color rojo brillante del suelo, pero que son mucho más productivos que la mayoría de los suelos rojos tropicales (IUSS *et al.*, 2007). En el estado son de moderadamente ricos a pobres en nutrimentos, profundos, ricos en Fe y de fácil manejo. Se encuentran ocupados con cultivos de pastizales principalmente. Cuentan con una superficie de 91 104.58ha representa apenas el 0.37 %, del total del área de estudio, se ubican principalmente en la parte sur del municipio de Huimanguillo (Figura 5). Solo se encontró una subunidad de suelo clasificada como: Nitisol Úmbrico (Dístrico, Ródico), la definición de los calificadores se presenta en el cuadro 20. Este Grupo de suelos no se había reportado para el estado de Tabasco en los trabajos consultados

#### **2.3.14 Plintosol (PT)**

Estos suelos tienen un horizonte sub-superficial plíntico de al menos 15 cm de espesor, dentro de los primeros 50 cm o dentro de los 125 cm, cuando le subyace un horizonte álbico o un horizonte que presenta propiedades gléyicas o de estancamiento dentro de los 100 cm de profundidad. El horizonte plíntico se caracteriza por ser rico en Fe, pobre en humus, con arcilla caolinítica y cuarzo y, debido a la exposición a mojado y secado, cambia irreversiblemente a un horizonte endurecido o a fragmentos endurecidos en el horizonte. En el estado estos suelos se caracterizan por ser ácidos, con capas de plintita bien reticulada (horizonte plíntico), de colores amarillos o cremas con moteados rojos, que se endurecen en la época de seca y se tornan más suaves en la época de lluvia. Presentan un horizonte ócrico o úmbrico y una taza de saturación de bases inferior a 50 % dentro del horizonte plíntico. Estos suelos son poco fértiles, sujetos a anegamiento temporal, utilizados con cultivos de pastos de sabana y en algunos casos con piña o cítricos. Con la recopilación y reclasificación de varios trabajos de investigación (Palma-López *et al.*, 2007a; Salgado *et al.*, 2007; Salgado *et al.*, 2010), para este estudio en Tabasco se cuenta con una superficie de 1 196.58 ha que representa el 0.05 % y está ubicado en el municipio de Huimanguillo, llamado Plintosol Úmbrico Dístrico. Anteriormente este grupo de suelo estaba reportado por Palma López

*et al.* (2002) con un 3.21 % de superficie en el Estado, específicamente en la mayor parte del municipio de Balancan. Con la revisión de investigaciones realizadas en el área se encontró que Palma-López *et al.* (2008) trabajó con los suelos de los municipios de Tenosique y Balancan a escala 1:75 000 e identificó muchos Plintosoles como Lixisoles, cabe hacer la aclaración de que para que existan horizontes plínticos bien desarrollados se requiere que la época de secas sea muy amplia para que el efecto de secado y humedecimiento conduzca al endurecimiento del suelo (IUSS *et al.*, 2007).

### **2.3.15 Phaeozem (PH)**

Los Phaeozems son suelos que tienen un horizonte mólico (oscuro, superficial, rico en materia orgánica y friable), con una saturación de bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1M) de 50 % o más en todo el espesor hasta una profundidad de 100 cm o más de la superficie del suelo o hasta la roca continua, lo que esté a menor profundidad. Estos suelos tienen problemas de lixiviación de bases, pero sin llegar a empobrecer fuertemente (IUSS *et al.*, 2007). Además presentan una fuerte estructura y son muy permeables. En el estado se encuentra en pequeñas áreas en el municipio de Cárdenas con superficie de 853.15 ha que representa apenas el 0.02% del total del área de estudio, este grupo de suelo se asocia a cultivos de cacao, pastizales introducidos y algunos frutales. De acuerdo a su clasificación solo se identificó la subunidad Phaeozem Háplico con 842.88 lo que representa apenas el 0.03% del estado, las características del calificador se describen en el cuadro 24. Este Grupo de suelo no había sido reportado en los estudios consultados.

### **2.3.16 Regosol (RG)**

Los Regosoles forman un grupo remanente que contiene todos los suelos que no pudieron acomodarse en otros grupos, debido a que los procesos pedogénicos no han sido lo suficientemente fuertes para que se hayan formado horizontes bien definidos o bien por qué el tiempo de formación sea muy corto. Son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte

mólico o úmbrico, no son muy someros, ni muy ricos en gravas, no son arenosos, ni tienen materiales flúvicos, en este grupo se incluyen a algunos suelos erosionados. Dentro del estado, este Grupo de suelos se ubica en la cuenca baja del Río Grijalva y el centro del municipio de Macuspana en pequeñas áreas dispersas, ocupan una extensión muy reducida de 705.99 ha lo que representa el 0.03 % del total del área de estudio. Solo se identificó la subunidad Regosol Háptico (Éutrico), sus calificadores se describen en el cuadro 24. En la compilación anterior (Palma-López *et al.*, 2007a), se había ubicado una superficie equivalente al 0.5% identificada como la subunidad Regosol úrbico, sin embargo al hacer la rectificación de la clasificación y con el apoyo del estudio de Zavala *et al.* (2012), se clasificaron como Tecnosoles y Gleysoles.

### **2.3.17 Solonchak (SC)**

Son suelos que tienen un horizonte sálico dentro de los primeros 50 cm de profundidad, el cual se caracteriza por ser un horizonte sub-superficial somero que tiene un enriquecimiento de sales fácilmente solubles, lo cual se evidencia por poseer una conductividad eléctrica, en el extracto de saturación, de 15 dS m<sup>-1</sup> al menos en algún momento del año, o de 8 dS m<sup>-1</sup> o más si el pH del extracto de saturación es de 8.5 o más. Estos suelos se encuentran confinados a regiones costeras en los climas tropicales húmedos (IUSS *et al.*, 2007). En Tabasco estos suelos salinos no tienen otro horizonte de diagnóstico más que un sálico y horizontes mólico, hístico, cámbico y/o características gléyicas. Son además arcillosos, inundables, cercanos a la costa y presentan inundación por agua salina o salobre, una buena parte del año, principalmente en las épocas de lluvias y nortes. Es común en estos suelos que la salinidad aumente en la época de secas, debido a la evaporación del agua y la concentración de las sales, aunque cuando comienza la época de lluvias, las sales son lavadas hacia el manto freático. Zavala *et al.* (1999) y Palma-López *et al.* (2007) señalan que esta introducción de agua salina es procedente del Golfo de México por efecto de la marea o el manto freático (intrusión salina).

Ocupan una superficie de 32 895.24 ha, con 1.33 % del total del área de estudio; este Grupo de suelo se ubica al norte de los municipios de Cárdenas, Paraíso y Centla. La vegetación predominante es principalmente manglares y en algunos sitios apompales, popales, tulares y pastizales de muy baja productividad, aunque este último debe ser altamente resistente a la salinidad. Debido a sus altos contenidos de sales y sodio, las prácticas agrícolas están casi ausentes sobre este tipo de suelo Ramírez (2011).

Estudios anteriores como el de Palma López *et al.* (2007) mencionan que estos suelos ocupaban el 2.02 % en el Estado, pero con la actualización de la cartografía a través de los estudios más detallados realizados por parte de Zavala *et al.* (2011) a escala 1:50 000 y Zavala *et al.* (2012) a escala 1:250 000 se han mejorado los linderos de los suelos en la parte de la costa, quedando así 7 subunidades de suelos que se muestran en el cuadro 22 con base en la clasificación de la IUSS *et al.*, (2007), los calificadores se describen en el cuadro 24.

#### **Cuadro 22. Subunidades de suelos del Grupo Solonchak**

<b>SUBUNIDAD DE SUELO</b>	<b>Clave</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Solonchak Gléyico (Arcílico, Sódico)	SCgl(ce,so)	3608.30	0.15
Solonchak Gléyico (Sódico)	SCgl(so)	3048.90	0.12
Solonchak Gléyico Hístico (Sódico)	SCglhi(so)	1600.57	0.06
Solonchak Gléyico Hístico (Arénico, Sódico)	SCglhs(ar,so)	896.60	0.04
Solonchak Gléyico Hístico (Sódico)	SCglhs(so)	19666.47	0.80
Solonchak Mólico Gléyico (Sódico)	SCmogl(so)	344.31	0.01
Solonchak Mólico Gléyico Hístico (Arcílico, Sódico)	SCmoglhs(ce,so)	3334.13	0.13
		<b>32499.28</b>	<b>1.31</b>

#### **2.3.18 Tecnosol**

Este tipo de suelo, incorporado recientemente al Referencial Mundial de Suelos, agrupa a suelos cuyas propiedades están relacionadas con un origen técnico (materiales hechos por el hombre a través de la actividad industrial). Contienen una cantidad significativa de artefactos (algo en el suelo reconociblemente hecho o extraído de la tierra por el hombre). Incluyen suelos de deshechos (rellenos, lodos, escorias,

escombros o desechos de minería y cenizas), pavimentos con materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas. Principalmente se encuentran en áreas urbanas e industriales, aunque asociados con otros grupos de suelos, estos se encuentran distribuidos en donde la actividad humana ha llevado a cabo la construcción de un suelo artificial o ha extraído normalmente material, sellando el suelo natural, por lo que son más factibles a ser contaminados (IUSS *et al.*, 2007). También han sido alterados por la actividad industrial, principalmente sustancias derivadas del petróleo y materiales pesados (García *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2011). Así como construcciones urbanas, carreteras, fábricas y plantas, transformando estas, en horizontes enterrados, contaminados y con diversos artefactos remanentes de la industria causando los cambios de estos suelos, como es el caso del uso agrícola, en que llegan a degradarse (Arnol *et al.*, 1990).

En Tabasco se encuentran distribuidos principalmente en la parte norte de los municipios de Cárdenas y Huimanguillo, ocupando una pequeña superficie de 822.80 ha, lo que representa apenas el 0.03 % del total del área de estudio. En la mayor parte de los casos se trata de bordos de relleno en lugares muy inundables, donde se ha desazolvado o se han realizado obras de dragado, lo que ha provocado que estos nuevos suelos tengan paradójicamente una mayor potencialidad agrícola.

Este tipo de suelo no estaba reportado en años anteriores debido a que el grado de afectación por parte de la influencia petrolera no había sido estudiada y solo se mencionaba que recibían descargas de agua salada por parte de instalaciones Petroquímicas como es el caso de la Venta (Zavala *et al.*, 2009). En los trabajos de Zavala *et al.* (2011), a escala 1:75 000, cartografiaron y describieron estos suelos contaminados, denominándolos: Tecnosol Spólico (Húmico, Ecotóxico) con una superficie de 832.82 ha que representa el .02% del estado, de acuerdo al sistema de clasificación IUSS *et al.*, (2007). Algunos Tecnosoles fueron clasificados anteriormente como Regosoles (Palma-López *et al.*, 2007a)

### 2.3.19 Vertisol (VR)

Este Grupo de suelo, tienen 30 % o más de arcilla, hasta una profundidad menor de 50 cm; presenta un horizonte vértico (horizonte subsuperficial arcilloso, resultado de la expansión y contracción, lo cual provoca que se presenten superficies pulidas en las caras de los agregados y estos tienen forma de cuña), que comienza dentro de los 100 cm de la superficie del suelo (IUSS *et al.*, 2007). Estos suelos poseen grietas que se forman en la mayor parte de los años durante la época de secas, tienen por lo menos 1 cm de ancho a una profundidad de 50 cm, con o sin gilgai (microrrelieve superficial en forma de pequeños promontorios). Salgado *et al.* (2006) y Bautista y Palacio (2011) mencionan que la arcilla expandible que contienen esos suelos ocasiona que en temporadas de lluvia se aneguen fácilmente, volviéndolos resbalosos e impermeables. Porta *et al.* (2005) mencionan que en épocas de seca son duros y con grietas muy profundas que se abren y cierran periódicamente. A este conjunto de propiedades se les denomina vérticas debido que provocan que el suelo sufra un proceso de mezclado en toda la profundidad, por lo que presentan una especie de auto-arado (Buol *et al.*, 1997).

Estos suelos se encuentran ampliamente extendidos en el estado con una superficie de 213 782.95 ha, que representa el 8.64 % del total del territorio tabasqueño. Se localizan en grandes y pequeñas áreas de los municipios de Cárdenas, Huimanguillo, Emiliano Zapata, Tenosique y Balancán (Figura 5). Se presentan principalmente en la llanura aluvial, aunque es posible encontrarlos en lomeríos derivados de rocas de lutitas y sobre lomas muy suaves con rocas de caliza. A pesar de que estos suelos son ricos nutrimentalmente presentan restricciones para el uso agrícola debido a que son suelos pesados que se encharcan fácilmente y en la época de secas se vuelven duros (Palma-López *et al.* 2002). Sin embargo se observa sobre estos suelos cultivos de pastizales, caña de azúcar y arroz.

Esta unidad de suelo ocupa el 4to lugar en cuanto a superficie dentro del estado de Tabasco, de acuerdo a Palma-López *et al.* (2002) anteriormente este grupo representaba el primer lugar en todo el Estado con 19.90 %. Con base en los trabajos



a mayor detalle realizados por Obrador *et al.* (2005) a escala 1:50 000; Palma-López *et al.* (2007a) a escala 1:75 000; Salgado *et al.* (2009) a escala 1:50 000) y Zavala *et al.* (2012) a escala 1:75 000, se han reclasificado los suelos y acotado su cartografía, de tal manera que han eliminado una gran superficie que estaba clasificada como Vertisoles y que con base en el referencial mundial de suelos (IUSS *et al.*, 2007), se han ubicado en los Grupos Cambisol, Fluvisol y Gleysol. Dentro de los Vertisoles se identificaron 23 Subunidades, la caracterización de sus respectivos calificadores principales y secundarios se menciona en el cuadro 24.

**Cuadro 23. Subunidades de suelos del grupo Vertisol**

<b>SUBUNIDADES DE SUELOS</b>	<b>CLAVE</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
Vertisol Cálcico (Hiperéutrico)	VRcc(he)	14825.94	0.60
Vertisol Gléyico (Éutrico)	VRgl(eu)	9767.87	0.39
Vertisol Gléyico (Hiperéutrico)	VRgl(he)	3813.06	0.15
Vertisol Háptico (Éutrico),	VRha(eu)	119444.10	4.83
Vertisol Háptico (Hiperéutrico)	VRha(he)	1492.67	0.06
Vertisol Háptico (Pélico)	VRha(pe)	8361.34	0.34
Vertisol Sódico Gléyico (Hiperéutrico)	VRsogl(he)	4632.82	0.19
Vertisol Stágnico (Éutrico)	VRst(eu)	38939.19	1.57
Vertisol Stágnico (Hiperéutrico, Húmico)	VRst(he,hu)	5491.74	0.22
Vertisol Stágnico (Pélico, Éutrico)	VRst(pe,eu)	1258.41	0.05
Vertisol Stágnico Gléyico (Éutrico)	VRstgl(eu)	3862.74	0.16
Vertisol Stágnico Gléyico (Mesotrófico, Férrico)	VRstgl(ms,fr)	1893.06	0.08
		<b>213782.95</b>	<b>8.64</b>

Los calificadores principales y secundarios encontrados para los Grupos de suelos en el estado de Tabasco se mencionan a continuación y están basados en la descripción que presenta la WRB (IUSS *et al.*, 2007).

**Cuadro 24. Descripción de los calificadores principales y secundarios determinados en los grupos de suelos de Tabasco, adaptado a partir del referencial mundial de suelos (IUSS *et al.*, 2007)**

<b>Calificador</b>	<b>Descripción de cuando aplica el calificador</b>
<b>Abrúptico</b>	Cuando ocurre en el suelo un cambio textural abrupto dentro de los 100 cm de profundidad, es decir hay un incremento muy marcado en el contenido de arcilla dentro de un rango limitado de profundidad.
<b>Arcílico</b>	Se usa en suelos que tienen una textura arcillosa en una capa de 30 cm o más de espesor dentro de los 100 cm de la superficie del suelo en grupos de suelo que no sean necesariamente arcillosos.
<b>Arénico</b>	Cuando el suelo tiene una textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm de espesor dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.
<b>Calcárico</b>	Se usa cuando el suelo tiene un horizonte calcárico que se manifiesta por la fuerte efervescencia con HCL 1 M en la mayor parte entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida lo que este a menor profundidad
<b>Cálcico</b>	Tiene un horizonte cálcico donde se ha acumulado carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) secundario ya sea en forma difusa o como concentraciones discontinuas (pseudomicelios, cutanes, venas, o nódulos blandos y duros) que comienzan dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
<b>Crómico</b>	Aplica cuando dentro de los 150 cm de la superficie del suelo se tiene una capa subsuperficial de 30 cm o más de espesor, que tiene un hue Munsell más rojo que 7.5 YR o que tienen ambos, un hue de 7.5YR) y un croma, húmedo de más de 4.
<b>Cutánico</b>	Se utiliza cuando los suelos presentan revestimientos de arcilla (cutanes) en el horizonte llamado árgico, que consiste claramente en un aumento de arcilla en el horizonte suprayacente dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.
<b>Dístrico</b>	Se usa cuando el suelo tiene una saturación con bases por (por $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1M) menor del 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm o roca continua a una capa cementada o endurecida.
<b>Endogléyico</b>	Cuando el suelo tiene dentro de los 50 y 100 cm de la superficie del suelo una capa de 25 cm de espesor condiciones reductoras en alguna parte y un patrón de color gléyico al estar saturados de agua freática.
<b>Endoarcílico</b>	Calificador que indica que se tiene una textura arcillosa en una capa de 30 cm o más de espesor, entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.
<b>Esquelético</b>	El suelo presenta un 40 % o más de gravas u otros fragmentos gruesos promediados a una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta la roca continua o una capa cementada o endurecida, lo que este a menor profundidad.
<b>Éutrico</b>	Se utiliza cuando el suelo tiene una saturación con bases por (por $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1M) de 50% o más en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua a una capa cementada o endurecida o en una capa de 5 cm o más de espesor, directamente encima de la roca continua, si la roca continua comienza dentro de los 25

	cm de la superficie del suelo.
<b>Ecotóxico</b>	Se usa cuando existe alguna capa dentro de 50 cm de la superficie del suelo con concentraciones suficientemente altas y persistentes de sustancias orgánicas o inorgánicas como para afectar marcadamente la ecología del suelo, en particular la población de mesofauna.
<b>Férrico</b>	Si la segregación del hierro (Fe) o Fe y manganeso (Mn), ha tenido lugar en tal grado que se forman grandes moteados o nódulos discretos y la matriz entre moteados y entre nódulos está muy empobrecida en Fe.
<b>Fluvico</b>	Presenta material flúvico (se refiere a sedimentos fluviales, marinos y lacustres que reciben material fresco a intervalos regulares a los que han recibido en el pasado reciente) en una capa de 25 cm o más de espesor dentro de los 100 cm de la superficie del suelo
<b>Gléyico</b>	Es calificador indica que dentro de los 100 cm de la superficie del suelo mineral, el suelo tiene una capa de 25 cm o más de espesor con condiciones reductoras o un patrón de color gléyico (si están saturados con agua freática por un periodo que permita la ocurrencia de colores reductimorficos que comprende blanco a negro neutro) en todo el espesor, ocasionada por la saturación de agua por periodos prolongados.
<b>Háplico</b>	Se utiliza cuando un grupo tiene una expresión típica de sus rasgos y características, solo se usa si no aplica ninguno de los calificadores principales previos.
<b>Hémico</b>	Es un material orgánico que tiene después de frotado entre dos tercio y un sexto del material orgánico que consiste de restos reconocibles de tejido vegetal (fibras) dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.
<b>Hiperdístrico</b>	Aplica cuando el suelo tiene una saturación con bases (por NH <sub>4</sub> OAc) menor a 50% en todo el espesor entre los 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, y menos del 20 % en alguna capa dentro de los 100 cm de la superficie del suelo mineral.
<b>Hiperesquelético</b>	Tiene menos de 20 % de tierra fina promediado a una profundidad de 75 cm de la superficie del suelos o roca continua o lo que este a menor profundidad, es decir son horizontes con alta pedregosidad.
<b>Hístico</b>	Es un horizonte superficial o subsuperficial que ocurre a poca profundidad comenzando dentro de los 40 cm de la superficie del suelo en el cual consiste de material orgánico pobremente aireado
<b>Húmico</b>	Se utiliza cuando el suelo tiene un contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado es de 1% o más a una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.
<b>Léptico</b>	Presenta una roca continua (material consolidado subyacente, que incluye horizontes pedogenéticos cementados) que comienza dentro de los 100 cm de profundidad.
<b>Límico</b>	Dentro de los 100 cm de profundidad tiene una textura limosa, franco limosa o franco arcillo limosa en una capa de 30 cm o más de espesor,
<b>Lítico</b>	Indica que el suelo presenta una roca continua (material consolidado subyacente, que incluye horizontes pedogenéticos cementados) que comienza dentro de los 10 cm de la superficie del suelo.
<b>Mesotrófico</b>	Presenta una saturación con bases (por NH <sub>4</sub> OAc IM) menor de 75% a una profundidad de 20 cm de la superficie del suelo
<b>Mólico</b>	Presenta un horizonte superficial grueso, friable, bien estructurado, oscuro, con alta saturación con bases (por NH <sub>4</sub> OAc IM) de 50% o más en

	un promedio ponderados en todo el espesor del horizonte y un moderado a alto contenido de materia orgánica.
<b>Oxiácuico</b>	Se usa cuando un suelo que tiene una saturación de agua rica en oxígeno durante un periodo de 20 días o más consecutivos y que no tiene un patrón de color gléyico en alguna capa dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.
<b>Plíntico</b>	Se usa cuando se tiene un horizonte subsuperficial que consiste de una mezcla rica en Fe y pobre en humus, de arcilla caolinitica con cuarzo y otros constituyentes, y que cambia irreversiblemente a una capa con nódulos duros, un pan duro con fragmentos irregulares por exposición repetida ha mojado y secado con acceso libre de oxígeno.
<b>Réndzico</b>	Es un horizonte un horizonte mólico que consiste o esta inmediatamente por encima de un material calcarico o roca calcárea suave que tiene 40 % o más de carbonato de calcio equivalente
<b>Rhéico</b>	Presenta un horizonte hístico saturado predominantemente con agua freática o flujo de agua superficial que comienza dentro de 40 cm de la superficie del suelo.
<b>Ródico</b>	Es un calificador que indica que dentro de los 150 cm de la superficie del suelo se tiene una capa subsuperficial de 30 cm o más de espesor, con un hue Munsell 2.5YR o más rojo, un valúe húmedo menor de 3.5 y un value seco no más de una mitad mayor que el value húmedo.
<b>Sálico</b>	Tiene un horizonte superficial o subsuperficial somero que tiene un enriquecimiento secundario de sales fácilmente solubles, es decir sales más solubles que el yeso, que comienza dentro de los 100 cm de profundidad
<b>Sáprico</b>	Se usa en suelos orgánicos donde se tiene, después de frotado, menos de un sexto del material orgánico que consiste de tejido vegetal reconocible, dentro de los 100 cm de la superficie del suelo
<b>Spólico</b>	Tiene una capa de 20 cm o más de espesor dentro de los 100 cm de la superficie de suelo con 20 cm o más (en volumen en promedio ponderado) de artefactos que contiene 35 % o más de residuos industriales (desecho de minería , materiales dragados , escombros, etc.)
<b>Stágnico</b>	Aplica cuando el suelo tiene algunas partes dentro de los 100 cm de la superficie del suelo mineral con condiciones reductoras en 25% o más del volumen del horizonte, solo o en combinación, un patrón de color stágnico (muestra de moteados en la superficie dem los agregados son más claros y más palidos y en el interior de los agregados su coloración es rojizos y brillantes) que se manifiesta por los grandes moteados al estar temporalmente saturados de agua superficial provocado por el estancamiento de agua.
<b>Sódico</b>	Se usa para indicar que se tiene 15% o más de Na más Mg intercambiable en el complejo de intercambio dentro de 50 cm de la superficie del suelo en todo su espesor.
<b>Técnico</b>	Tiene 10% o más de artefactos en los primeros 100 cm de la superficie del suelo hasta la roca continua o a una capa cementada o endurecida, lo que este a menor profundidad.
<b>Úmbrico</b>	Presenta un horizonte superficial grueso, oscuro, friable, con baja saturación de bases menor al 50% en toda la profundidad del horizonte y moderado contenido de materia orgánica.

<b>Vértico</b>	Indica que el suelo presenta un horizonte subsuperficial arcilloso (vértico) o propiedades vérticas que comienzan dentro de los 100 cm de profundidad, como resultado de la expansión y contracción, por lo que presentan superficies pulidas (slickensides) y agregados estructurales en forma de cuña.
----------------	--

## 2.4 CONCLUSIONES

Por medio de la recopilación de estudios de suelos realizados a escalas de 1:50 000 a 1:250 000 en el estado de Tabasco y con el apoyo de la información de 111 perfiles de suelo del INEGI, se logró determinar la nueva cartografía de los suelos del estado a escala 1:250 000 obteniéndose 15.

Los suelos detectados fueron reclasificados usando la versión más reciente del Referencial Mundial de Suelos (WRB por sus siglas en inglés). Con ello se obtuvieron 19 Grupos Mayores de suelos en todo el estado dominando tres Grupos como es el caso de los Gleysoles con 463 425.08 ha representando el 18.74% del total de los suelos del estado Tabasco. Los Histosoles con 335 161.85 ha representado el 13.55 % y los Fluvisoles con 299 196.79 ha con el 12.10 % del total del área de estudio. También encontramos seis grupos que no se habían reportado anteriormente como son Calcisol, Ferralsol, Lixisol, Nitisol, Phaeozem y Tecnosol, ocupando superficies muy pequeñas con porcentaje inferiores a 1.6%.

En los suelos anegados encontramos aquellos con texturas pesadas, donde su uso está dominado por pastizales y vegetación hidrofila (Vertisol Gleysol, Gistosol) desde el punto de vista agrícola algunos de estos suelos están ocupados con caña de azúcar, Arroz y Sorgo.

También se destacan los grupos de suelos ácidos con problemas de fertilidad, cuyo uso está ocupado con pastizales y usos forestales (Acrisol, Aliso, Plintisol, Lixisol, Ferraliso). Y en los más productivos se encuentra el Fluvisol, Phaeosem, Calcisol, Cambisol. Luvisol, los cuales están ocupados con cultivos más redituables del estado (Cacao, Platano, Caña de Azúcar, Papaya y pastizales mejorados).

## 2.5 LITERATURA CITADA

- Arnold, W., I. Scabollis y V. O Targulian. 1990. Global Soil Change International Report of, an IISA-ISSS-UNEP, Task force institute for Applied Systems Analysis. Luxembourg Australia.
- Bautista F., E. Batllori-Sampedro., G. Palacio-Aponte A., M. Ortiz-Pérez., M. Castillo-González. 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la península de Yucatán. In: Bautista Z. y Palacio (Eds.) Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche. Universidad Autónoma de Yucatán. Instituto nacional de Ecología. Mérida, Yucatán. México. pp. 33-58.
- Bautista F., G. Palacio A. 2011. Geografía de suelos Regional: Península de Yucatán. In: Krasilnikov Pavel, Jiménez Nava F. J., Reyna-Trujillo T., García-Calderón N.E. (eds.), Geografía de los suelos de México. Universidad Autónoma de México. México, UNAM. Facultad de ciencias. Pp. 435-418.
- Barba-Macías, E., J. Rangel M., y R. Ramos R. 2006. Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. Universidad y ciencia 22 (2):101-110.
- Buol, S. W., F. D. Hole, R. J. McCracken and R. J. Southard. 1997. Soil genesis and classification. 4° Ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. 527p.
- Domínguez-Domínguez M., J. Zavala-Cruz, P. Martínez-Zurimendi. 2011. Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 137 p.
- Espinosa R. M., A. Lima E., P. Rivera O., R. Días A., 2011., Degradación de suelos por actividad antrópica en el norte de Tamaulipas. Papeles de geografía Red de revistas científicas de América Latina, Caribe, España y Portugal Num 53-54. 77-88.

- FAO, 2001. Major soils of the world. World reference base for soil resources: Atlas. Disponible en: [www.isric.org/Isric/Webdocs/Docs/Major Soils\\_of\\_the\\_World/start.pdf](http://www.isric.org/Isric/Webdocs/Docs/Major%20Soils_of_the_World/start.pdf). Revisión el día: 09-06-2013.
- FAO-UNESCO. Manual de Clasificación de suelos (modificada por DETENAL), 1970.
- Fitzpatrick, E. A. 1984. Suelos: su formación, clasificación y distribución. Editorial CECSA. México D.F. 430 p.
- García-López E., J Zavala-Cruz. D. J. Palma-López. 2006. Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. Terra latinoamericana 24:17-26.
- Gutiérrez, C. Ma. Del C., J. Zavala C., 2011. Rasgos Hidromorficos de Suelos Tropicales Contaminados con Hidrocarburos. Terra Latinoamericana 20: 101-11
- Hernández-Santana J. R., M. A. Ortiz P., A. P. Méndez L., M. Salazar E., y J. M. Figueroa M. E. 2005. Variaciones espacio-temporales de la línea costera del estado de Tabasco durante las últimas 4 décadas y su representación cartográfica, CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco, Villahermosa, México.
- Hernández, Santana J. R., M. A. Ortiz P., A. P. Méndez L., L. Gama C., 2007. Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 65: pp 7-21.
- Hernandez, A., I. Bojórques J., O. Ascanio M., D. García J., M. Morales B. 2011. Cambio de la cobertura del suelo por la influencia antropogénica en las regiones tropicales in: Krasilnikov Pavel, Jiménez Nava F. J., Reyna-Trujillo T., García-Calderón N.E., (ed.) Geografía de los suelos de México. Universidad Autónoma de México. pp.119.132.

- IUSS Grupo de trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización traducida al español por Mabel Susana Pazos. Informe sobre Recursos Mundiales de suelos. FAO. Roma. Italia. 59 p.
- INEGI, 2001. Síntesis de Información Geográfica del estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 89 p. + Anexos.
- INEGI, 2005. Cuadernos municipales del estado de Tabasco. Vigésima segunda edición. Aguascalientes, Aguascalientes. México. 536 p.
- Morton, R. A., T. Miller and L. Moore. 2005, "Historical Shoreline Change along the US Gulf of Mexico: a summary of recent shoreline comparisons and analyses", *Journal of Coastal Research*. . 21:4:704-709.
- Moreno-Casasola P., H. López-Rosas, D. Infante-Mata, A. Peralta L., A. C. Travieso-Bello y G. Warner B., 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology* 200: 37-52.
- Ortiz, P. M. A., C. Siebe y S. Kram. 2005. Diferenciación Ecogeográfica de Tabasco in: Bueno, J. F., Álvarez y S. Santiago. (Eds.) *Biodiversidad del Estado de Tabasco*, Instituto de biología, UNAM-CONABIO, México. Cap. 14. pp 305-322.
- Palma-López, D. J., y J. Cisneros D., 2000. Plan de usos sustentable de los suelos de Tabasco. 2a. Ed. ISPROTAB-FUNDACION PRODUCE TABASCO-COLEGIO DE POSGRADUADOS Villahermosa Tabasco. México 115 p.
- Palma-López D. J., J. Cisneros D., N. Del Rivero B., A. Triano S., y R. Castañeja C., 2002. Hacia un desarrollo sustentable del uso de los suelos de Tabasco. Vol. II Palma-López, D. J., y A. Triano S., 2002. (Comps) Plan de usos sustentable de los suelos de Tabasco. Colegio de Postgraduados, ISPROTAB, Villahermosa, Tabasco. pp180.



- Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J. A. Rincón R., 2007a. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. Pág. 195.
- Palma-López D.J. 2007b. Manejo de Histosoles del estado de Tabasco. *In*: Plan de usos sustentable de los suelos de Tabasco, Volumen II. Palma-López, D.J. y Triano S., A. (comps.). Colegio de Postgraduados- ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tab. México. pp 98-123.
- Palma-López D., J., E. Moreno, C., J. A. Rincón-Ramírez, E. D. Shirman T., 2008. Degradación y Conservación de los suelos de Tabasco. Colegio de Postgraduados CONACYT, CCYTET. Villahermosa, Tabasco, México, 74 p.
- Palma-López, D.J., C. J. Vázquez N., E. Mata Z. A. López C., M.A. Morales G., R., Clablé P., J. Contreras H., y D.Y. Palma-Cancino, 2011. Zonificación de ecosistemas y agroecosistemas susceptibles a recibir pago por servicios ambientales en la Chontalpa, Tabasco. Colegio de Postgraduados y Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. México. 128 p.
- Porta, C. J., M. López-Acevedo R. y C. Roquero de L. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 929. p
- Porta, C. J., López-Acevedo R. M. 2005. Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 541 p.
- Ramos, R. R., D. J. Palma-López, C. A. Ortiz-Solorio, C. F. Ortiz-García, G. Díaz-Padilla. 2004. Cambios de uso de suelo mediante técnicas de sistemas de información geográfica en una región cacaotera. *TERRA latinoamericana*, 22(3) 267-278.

- Ramírez, Cayetano L. D. 2011. Geografía de suelos regional cordillera Centroamericana. In Krasilnikov-Pavel., F. Jiménez Nava J., Reyna-Trujillo. T., García-Calderón. (Eds) Geografía de los suelos de México por: Universidad Autónoma de México. pp. 419-459.
- Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., L. C. Lagunes-Espinosa., M. Castelán-Estrada, C. F. Ortiz-García, F. Ventura-Ulloa, A., Marín-Aguilar, E. Moreno-C. y J. A. Rincón-Ramírez. 2007. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en el área citrícola de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. 89 p.
- Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L. C. Lagunes E., Ortiz-García C. F., Castelan-Estrada M., Guerrero-Peña A., Moreno-Cáliz, E., Rincón-Ramírez J. A. 2008. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar: Ingenio Azuremex. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 102 p.
- Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., L. C. Lagunés E., M. Castelán-E., C. F. Ortiz-García, F. Juárez-López, O. Ruiz-Rosado, L. Armida A., J. A. Rincón-Ramírez. 2009. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar: Ingenio Presidente Benito Juárez Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 78 p.
- Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., C. F. Ortiz-García, M. Castelán-Estrada, L. C. Lagunés E., A. Guerrero-Peña, A. L. Ortiz Ceballos, S. Córdova Sánchez. 2010. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en la zona Piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco H. Cárdenas Tabasco. México. 81 p.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Servic. USDA. NRCS. 346 p.

- Sommer C. I., Cram H S., Oropeza O. O., 2010., Unidades de Suelos Dominantes. Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- SEDESPA, Tabasco. 2006. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco. Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente. Tabasco, México. 115 p.
- Van Wambeké A. 1992. Soil of the tropics: properties and appraisal McGraw-Hill, New York, 343 p.
- Veneman, P.L.M., M.J. Vepraskas y J. Bouma. 1976. The physical significance of soil mottling in Einsconson toposequence. *Geoderma* 15: 103-118.
- Volker Grimm, Eloy Revilla, Uta Berger, Florian Jeltsch, Wolf M. Mooij, Steven F. Railsback. 2005. Hans-Hermann Thulke, 1 Jacob Weiner, 7 Thorsten Wiegand,1 Donald L. DeAngelis Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology. *SCIENCE* vol. 310. 987-991.
- Zapata H. R., 2004. Química de la Ácidez del suelo. Universidad Nacional de Colombia Medellín. 197 p.
- Zavala C. J. 1993. Evaluación de los cambios de uso del suelo como un proceso de degradación en el campo petrolero Samaria, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México.
- Zavala-Cruz J., D. J. Palma-López R. H. Adams-Schroeder. 1999. Geomorfología y suelos de los campos petroleros Sánchez Magallanes y La Venta Tabasco. Colegio de Postgraduados. Informe técnico. Ciencias Agrícolas. 29 p.
- Zavala-Cruz. J., O. Castillo A., A. I. Ortiz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez L., S Salgado-García, J. A. Rincon-Ramirez, E. Moreno C., 2009. Capacidad de uso Urbano en Tabasco con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Secretaria de asentamientos y Obras. Secretaria

de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Consejo de Ciencia y tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa Tabasco, México. 204 p.

Zavala Cruz. J., D. J. Palma-López., C. R. Fernández Cabrera, A. López Castañeda, E. D. Shirman T. 2011. Degradación y Conservación de suelos en la cuenca del río Grijalva, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Secretaria de Recursos naturales y protección ambiental y PEMEX. Villahermosa Tabasco México. 90 p.

Zavala-Cruz, J., D.J. Palma-López, y M.A. Morales G. 2012a. Clasificación de los suelos de la cuenca baja del río Tonalá, Tabasco. In: Zavala-Cruz J. y E. García L. (Ed). Suelo y vegetación de la cuenca baja del río Tonalá, Tabasco. Publicación especial del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. pp: 31-63.

Zavala-Cruz J. y E. García L. 2012b. Suelo y vegetación de la cuenca baja del río Tonalá, Tabasco. Publicación especial del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. 204 p.

Zetina L. R, L. Pastrana A., J. Romero M., J. A Jiménez, C., 2002. Manejo de suelos ácidos para la región trópic tropical húmeda de México. INFIAP.CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan Huimanguillo. Libro técnico No 10 México. 170 p.

**CAPITULO III. MORFOPEDOLOGÍA DEL ESTADO DE TABASCO A ESCALA  
1:250,000**

# MORFOPEDOLOGÍA DEL ESTADO DE TABASCO A ESCALA 1:250,000

Raquel Jiménez Ramírez

Colegio de postgraduados

**Resumen.** El objetivo de este trabajo fue generar una cartografía de suelos a escala 1:250 000 partiendo desde un enfoque morfopedológico con la finalidad de generar conocimiento sobre la formación y los tipos de suelos relacionados con la geomorfología en Tabasco, de igual manera a partir de su caracterización, se pueda diferenciar la toposecuencia de los suelos. Posteriormente para la realización de la cartografía morfopedológica se utilizó el programa ArcGis 9.3 donde se comenzó delimitando las áreas geomorfológicas con los suelos, teniendo como resultado 12 unidades geomorfológicas y 19 unidades de suelos del grupo mayor. Mencionándose: La planicie de cordones de playa, suelos del grupo Arenosol (1.77 %) e Histosol (2.09 %), en la Planicie baja de inundación lagunar los solonchak (0.91%), en la Planicie palustre el grupo Histosol (10.53 %); la Planicie Fluviodeltaica inactiva se encuentran los suelos Fluvisol (4.86 %) y Cambisol (4.26 %); la Planicie fluvial activa el Gleysol (6.34 %); en la peneplanicie de Terrazas costeras el grupo Acrisol (8.06 %) y Alisol (5.30 %); y en la peneplanicie de terrazas cárstica el grupo Leptosol (3.23 %); en el Valle intermontano el Cambisol 0.16 %, en el Lomerío suave ha inclinado volcánico el Alisol (0.15 %), en Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas los grupos Acrisol (0.44 %) y Alisol (0.37 %); y la Montaña inclinada cárstica, encontramos el Leptosol (2.37 %) y por último en las Montañas inclinadas en lutitas-areniscas-conglomerado el Alisol (0.34 %).

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to generate cartography of soils at a scale of 1:250 000 starting from a morphopedologic approach in order to generate knowledge about the formation and soils types related to the geomorphology in Tabasco, likewise from its characterization, was possible to differentiate soils toposequence. Later, to perform the morphopedologic cartography the program ArcGis 9.3 was used, defining geomorphological areas with soils, resulting in 12 geomorphological units and 19 soils units of the larger group. Mentioning: The plain beach ridges, soils Arenosol (1.77%) and Histosol group (2.09%); in the lower lagoon Flood Plain, solonchak (0.91%); in the marsh Plain, Histosol group (10.53%); the Plain Fluviodeltaica inactive, with Fluvisol (4.86%) and Cambisol (4.26%) soils; river Plain activates, Gleysol (6.34%); the peneplain of coastal terraces, with Acrisol (8.06%) and Alisol (5.30%) group; and in the peneplain karst terraces, the Leptosol group (3.23%); in the intermountain valley, the Cambisol (0.16%); in the soft Lomerio has tilted volcanic, the Alisol (0.15%); in Lomerio inclined sandstones-shales-siltstones, with Acrisol (0.44%) and Alisol (0.37%) groups; and the karst sloping mountain, was found the Leptosol (2.37%); and finally in the Mountains I inclined shale-sandstone-conglomerate, Alisol (0.34%).

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La Geomorfopedología se define como una parte del ecosistema constituida por los componentes de la litosfera y de la hidrosfera, permitiendo tener al sistema geomorfopedológico como objeto de estudio del paisaje (Elizalde y James, 1989). Este sistema resulta de procesos que suceden en el tiempo, alimentados por el intercambio de materia y de energía provenientes de la interacción de un conjunto de factores (Elizalde y Daza, 2003), que Jenny (1941) llama factores de formación de suelo, ya que controlan esta interacción. Las formas del terreno según Bocco *et al.* (2008) son la base de la mayoría de las estrategias de clasificación del terreno; ya que permiten representar los principales componentes de un ecosistema (Bocco *et al.*, 2009), a través de la diferenciación de elementos de agua, suelo, vegetación, entre otros, así como diferentes actividades humanas (Bautista *et al.*, 2005)

Bocco y Mendoza (1998), mencionan que en la actualidad existen varios enfoques para desarrollar estudios del territorio, dentro de ellos el enfoque morfopedológico, que delimita las unidades por medio de un balance morfogénesis–pedogénesis, esto permite generar mapas de síntesis con una visión global del paisaje y de los diferentes aspectos que lo componen; por otro lado el geopedológico es utilizado como auxiliar en el levantamiento de suelos donde los aspectos edáficos y morfológicos tienen relevancia significativa. A su vez, Jaimes (1985) definió tres procesos generales (alteración, sedimentación y denudación) que permiten establecer una estrecha vinculación entre las características de los suelos y de los paisajes. La base conceptual de este tipo de investigación se explica de acuerdo a su función y estructura como sistema a través de diversos modelos (causa-efecto, proceso-respuesta) (Elizalde y James, 1989). Con la integración de la cobertura vegetal y el uso del suelo dentro de un mapa geopedológico se permite la identificación y formación de un conjunto de paisajes (Naveh y Lieberman, 1993), donde la unidad de paisaje es considerada como la más mínima unidad cartografiable representando la estructura y el espacio de los ecosistemas (Velázquez, 1993), por lo tanto al recabar e integrar esta información se pretende tener una aportación de los componentes del



área de estudio, pero sobre todo proporcionar las bases que permitan la localización y distribución de los principales grupos de suelos en una determinada zona.

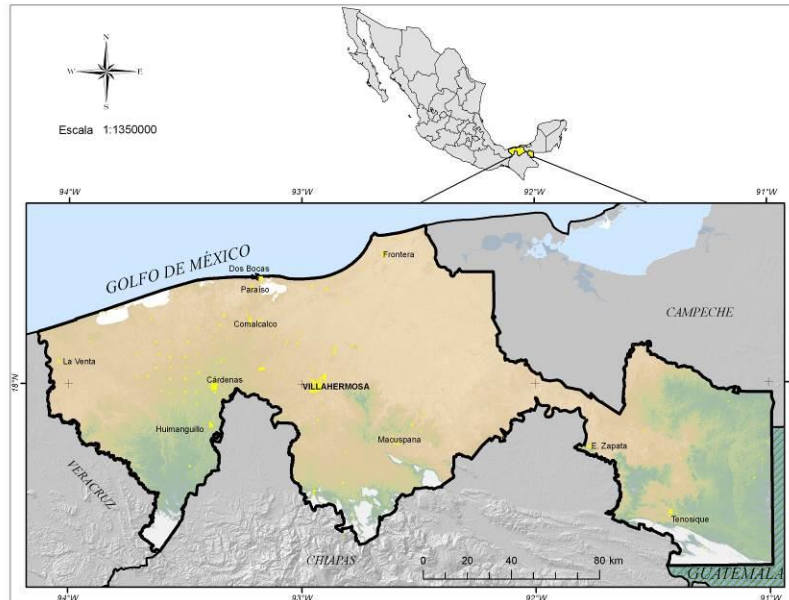
En el estado de Tabasco se cuenta con diversos estudios del ambiente generados por varios investigadores, algunos desde el punto de vista geomorfológico como Ortiz *et al.* (2005), Zavala *et al.* (2011), Zavala *et al.* (2012), y otros desde el enfoque pedológico, como los realizados por Palma-López *et al.* (2007), Salgado *et al.* (2007, 2008, 2009, 2010) y Zavala *et al.* (2011). Con el uso de los sistemas de información geográfica, las imágenes de satélite con mayor resolución y los modelos digitales de elevación de mayor precisión, mediante fotointerpretación se pueden obtener mapas de geoformas cada vez más precisos y detallados, que pueden ser usados como base cartográfica para la delimitación de posibles suelos. Los materiales y técnicas citadas permiten que los estudios de suelos se ejecuten más rápidamente, con menor costo y mayor precisión y exactitud. Por tal motivo, este trabajo tiene como objetivo, generar una cartografía de suelos con un enfoque geomorfopedológico donde se analice la influencia que tiene el relieve en el estado con los grupos de suelos a escala 1:250 000, con la finalidad de tener un estudio regional sobre los suelos y su geomorfología, para generar información que pueda estar disponible para el público en general y contribuya a la planeación del desarrollo territorial del estado de Tabasco.

## **3.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.2.1 Ubicación del área de estudio**

El estado de Tabasco ocupa una superficie de 24 661 km<sup>2</sup>, está integrado por 17 municipios. Representa el 1.3 % del área total del país; está conformado con un 96 % por la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur y en el 4 % restante por la Sierra del Norte de Chiapas y Sierra Baja del Petén (Sánchez y Barba, 2005). El estado limita al norte con el Golfo de México, hacia el sur con el estado de Chiapas, al oeste con el estado de Veracruz, al noreste con el estado de Campeche y al este y sureste con la república de Guatemala (Figura 6) (INEGI 2001).

El estado de Tabasco se caracteriza por un clima cálido húmedo con influencia marina, con temperaturas elevadas que varían a lo largo del año (entre 24 y 28 °C). Esto se debe a que se ubica en la zona tropical con pocas elevaciones respecto al nivel del mar (García y Miranda, 1986). Se considera uno de los estados más lluviosos de México de acuerdo al INEGI (2001), presentando valores de precipitación desde desde 1500 mm en la planicie hasta 4000 mm en la sierra.



**Figura 6. Ubicación geográfica del estado de Tabasco**

De acuerdo a Barba-Macías *et al.* (2006) se encuentra dividido en dos regiones: la región Grijalva que cuenta con tres subregiones (Centro, Sierra y Chontalpa) y la región Usumacinta con dos subregiones (Ríos y Pantanos).

Para llevar a cabo este estudio, se recopiló información cartográfica y bibliográfica de investigaciones realizadas en la entidad, sobre aspectos de geomorfología y suelos, para la generación del mapa geomorfopedológico se realizó en tres fases: **Fase 1)** mapa geomorfológico del estado de Tabasco. Aquí se utilizó antecedentes de estudios realizados por West *et al.* (1986); Bautista *et al.* (2005); Ortiz *et al.* (2005); Palma-López *et al.* (2007); Zavala *et al.* (2011), así como el mapa de geología (SGM 2007) a escala 1: 250,000, usando los criterios de la forma, altitud, pendiente, proceso geomorfológico y material de depósito, de acuerdo a lo establecido por Bocco *et al.*

(1999), Ortíz-Pérez *et al.* (2005), Lugo (2010) y Zinck (2012). **Fase 2**) el mapa de suelo se generó a partir de una síntesis de diferentes trabajos de investigación: Obrador *et al.*, 2007; Salgado-García *et al.*, 2007; Salgado García *et al.*, 2008; Palma-López *et al.*, 2008; Salgado-García *et al.*, 2009; Salgado-García *et al.*, 2010; Zavala *et al.*, 2011; Domínguez *et al.*, 2011; Zavala y García, 2012; y Salgado-García *et al.*, 2013. Con esto se generó el mapa preliminar a escala a 1:250 000, utilizando el concepto del área mínima cartografiable (ArcGis versión 9.3). Lo que permitió eliminar polígonos inferiores a 156 ha (Palma-López *et al.*, 2007). Posteriormente se seleccionaron los perfiles representativos por unidad de suelo con base en los estudios revisados, debidamente georeferenciados y con sus análisis físicos y químicos, conformando una base de datos. Adicionalmente, se utilizaron datos de suelos georeferenciados generados por el INEGI, se verificó su clasificación y cartografía, considerándose como barrenaciones los perfiles que no contaban con análisis de laboratorio. Con toda la información de suelos, finalmente se corrigió la cartografía de los suelos del estado de Tabasco a escala 1: 250 000. **Fase 3**, consistió en la rectificaron de linderos de suelos con base en el mapa de paisajes geomorfológicos (Capítulo dos de esta tesis), apoyándose en mapas de pendientes obtenidos por medio del Modelo Digital de Elevación (INEGI, 2011); en las zonas de planicies y de transición entre planicies y peneplanicies, los linderos de suelos se precisaron mediante fotointerpretación de ortofotos de INEGI a escala 1:20 000 e imágenes de satélite SPOT 2010. En los paisajes cársticos los linderos de suelos se definieron con el apoyo de mapas del Servicio Geológico Mexicano (2005), además del uso de ortofotos. El mapa final de suelos se diseñó a escala 1:250,000 con el programa ArcGis versión 9.3.

### 3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera fase se identificaron doce paisajes geomorfológicos distribuidas en todo el estado de Tabasco, para su denominación se utilizó la terminología de Zinck (2012), tales como Planicie, Peneplanice, Valles, Lomerios y Montañas, las primeras dos se ubican en la provincia de la llanura costera y las otras tres en la llanura de la sierra de

Chiapas y Guatemala (Cuadro 3). En la fase dos se encontraron 19 Grupos Mayores de suelos, clasificados con el sistema IUSS *et al.*, (2007). En la fase tres, se realizó el traslape del mapa geomorfológico y el edafológico a través de álgebra de mapas (Figura 8). Con base en lo anterior se pudieron identificar los suelos contenidos en cada paisaje geomorfológico (Cuadro 25).

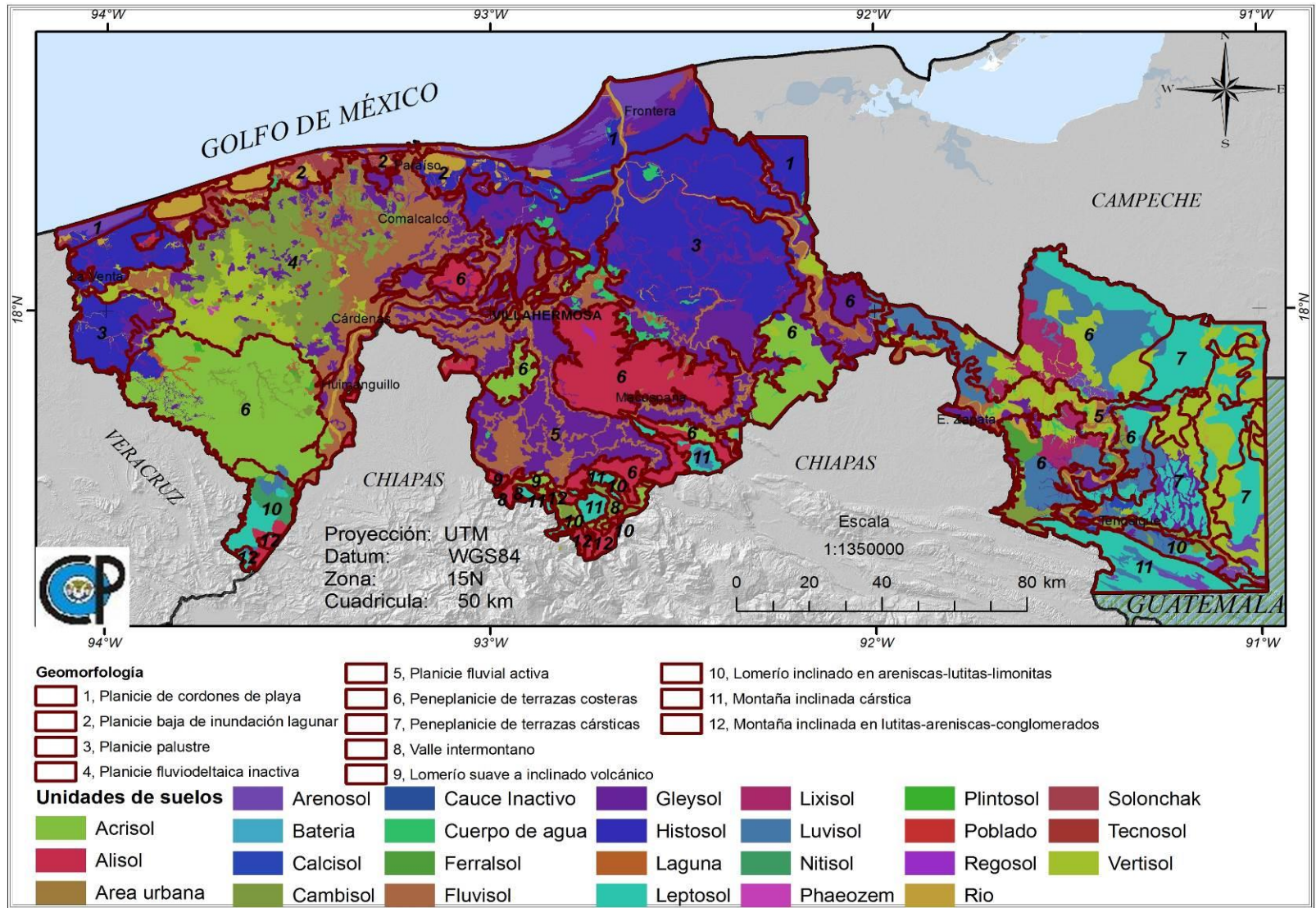


Figura 7. Regiones geomorfopedológicas del Estado de Tabasco

**Cuadro 25. Paisajes geomorfológicos y suelos del estado de Tabasco**

<b>Region Fisiografica</b>	<b>Paisaje Geomorfológico</b>	<b>Grupos Mayores de Suelos</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Planicie Costera del Golfo	Planicie de cordones de playa	Histosol, Arenosol, Gleysol, Solonchak, y Tecnosol	149039.745	<b>6.06</b>
	Planicie baja de inundación lagunar	Solonchak, Histosol, Gleysol, Arenosol,	68808.274	<b>2.80</b>
	Planicie palustre	Histosol, Gleysol, Fluvisol, Vertisol Tecnosol, Solonchak, Acrisol, Alisol, Arenosol, Cambisol,	418852.519	<b>17.05</b>
	Planicie Fluviodeltaica inactiva	Fluvisol, Cambisol, Gleysol, Vertisol, Acrisol, Alisol, Phaeozem, Tecnosol,	382208.806	<b>15.55</b>
	Planicie fluvial activa	Gleysol, Fluvisol, Cambisol, Vertisol, Acrisol, Alisol Arenosol, Calcisol, Ferralsol, Histosol, Lixisol, Luvisol, Nitisol, Plintosol,	454582.961	<b>18.50</b>
	Peneplanicie de terrazas costeras	Alisol, Plintosol, Ferralsol, Cambisol Acrisol, Luvisol Gleysol, Vertisol, Lixisol, Arenosol, Calcisol.	661833.255	<b>26.94</b>
	Peneplanicie de terrazas cársticas	Leptosol, Luvisol, Alisol, Calcisol, Gleysol, Plintosol, Vertisol.	156115.042	<b>6.35</b>
Sierra Norte de Chiapas y Sierra des de Guatemala	Valle intermontano	Acrisol, Fluvisol, Alisol, Cambisol, Leptosol.	5305.744	<b>0.216</b>
	Lomerío suave a inclinado volcánico	Alisol, Acrisol, Leptosol.	6719.844	<b>0.27</b>
	Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas	Leptosol, Acrisol, Luvisol, Alisol, Nitisol, Arenosol, Calcisol, Cambisol, Fluvisol.	65504.120	<b>2.66</b>

Montaña inclinada cárstica	Leptosol, Luvisol, Acrisol, Alisol, Calcisol, Cambisol, Lixisol.	75566.414	<b>3.07</b>
Montaña inclinada en lutitas-areniscas- conglomerados	Alisol, Leptosol, Acrisol, Luvisol	11206.164	<b>0.45</b>
total	,	2,456,471.2994	<b>100.000</b>

### 3.3.1 Planicie de cordones de playa

Esta región geomorfológica abarca toda la franja costera del estado de Tabasco, dentro de los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso, Comalcalco y Centla, se forman suelos a partir de arenas depositadas en el Cuaternario Holoceno. Existen relieves de cordones de playa, caños y dunas formadas por las olas, mareas y vientos (Bautista *et al.*, 2011), diferenciándose zonas altas y bien drenadas en donde la textura de los suelos es gruesa como en los Arenosoles representados con el 29.3 % del paisaje, son altamente aireados y con muy poca retención de agua. Palma-López *et al.* (2007) mencionan que a estos suelos se les conoce comúnmente como “arenales”, “tierras de la costa”, “playas” o “tierras arenosas” y que en clasificaciones anteriores se llamaban Regosoles (Palma *et al.*, 1985). En otras superficies los cordones de playa son bajos y están sujetos a inundación temporal o permanente, como las situadas al sur, en la zona de transición con planicie palustre, por lo que se encuentran constituidos de material orgánico como los Histosoles (34.5 %) que se desarrollan sobre sedimentos arenosos; estos suelos orgánicos cubren la mayor superficie de los cordones bajos en áreas de transición con la planicie palustre, por lo que están sujetos a inundación temporal o permanente, sobre todo en la desembocadura de los ríos Grijalva y Usumacinta. De acuerdo a la Soil Survey Staff, (1999) estos suelos se desarrollan en humedales a partir de la acumulación de restos de vegetación. Son influenciados directamente por la humedad en el proceso de la descomposición de residuos orgánicos (Brady y Weil, 1999).

En estudios previos, en esta geofoma se ubicaban los suelos Arenosoles junto con los Regosoles de acuerdo a lo mencionado por Ortiz *et al.* (2005) y Palma López *et al.* (2007); pero con recientes investigaciones realizadas en la planicie costera del Golfo

de México se ha señalado que el retroceso del mar ha ocasionado la desaparición de esta geoforma y por lo tanto los materiales que de ella se derivan (Hernandez *et al.* 2008). Generando importantes modificaciones, algunas irreversibles, en su morfología y génesis, así como en sus paisajes y ecosistemas naturales (Psuty, 1965; Ortiz, 1992; Hernández *et al.*, 2006). Otros suelos que se encuentran en la planicie de cordones de playa son los Gleysoles (24.4 %) que se originan de materiales acarreados y depositados por las corrientes de los ríos. En otras partes donde hay contacto directamente con el mar se identificaron suelos caracterizados por tener alto contenido de sales como los Solonchaks, estos suelos se encuentran confinados a regiones costeras en los climas tropicales húmedos (IUSS Grupo de trabajo WRB, 2007) en zonas adyacentes a marismas y lagunas costeras. Al respecto, Porta *et al.* (2005) señalan que los suelos formados a lo largo de las costas presentan acumulaciones de sales marinas, principalmente cloruro sódico, procedente de capas freáticas salinas poco profundas, y de agua de inundación por efecto de las mareas o por los aportes de sales transportadas.

### **3.3.2 Planicie baja de inundación lagunar**

Esta geoforma se deriva de la acumulación de sedimentos lacustres y palustres del Cuaternario Reciente que provienen de agua dulce y agua salada, constituyéndose como una franja entre los cordones de playa y la planicie fluviodeltaica, se ubica en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso, Comalcalco y Centla. La vegetación dominante depende de la alta humedad por lo que se trata de vegetación hidrófila y en algunas partes hierbas y pastos halófitos.

Aunque los cordones de playa funcionan como una barrera que aísla a la planicie del mar, hay ingreso de agua salada a través de esteros y bocas que comunican a las lagunas costeras con el Golfo de México, lo que permite formar suelos con horizontes sálicos dentro de los primeros 50 cm de profundidad, caracterizados por el enriquecimiento de sales fácilmente solubles como son los Solonchaks, estos suelos dominan en esta geoforma con 32.6 %. También, al estar en contacto con la planicie palustre, presenta inundaciones creando condiciones de drenaje favorables para la



acumulación de capas orgánicas sobre el sustrato mineral. Esto aunado a su abundante vegetación y la lenta descomposición de los residuos debido a las condiciones anaerobias, dan origen a suelos Histosoles (24.9 %) que presentan altos contenido de materia orgánica (mayor de 20%) y alto grado en fertilidad. De acuerdo a Zavala *et al.* (1999) y Palma-López (2007) poseen cantidades elevadas de nutrimentos, sin embargo Bautista *et al.* (2011), señala que son altamente sensibles a los procesos degradativos como salinización y descomposición de la materia orgánica. Con respecto a los Solochaks presentes en esta geoforma, Ortiz *et al.* (2005) y Krasilnikov *et al.* (2011), coinciden con este trabajo al mencionar que la vegetación existente en este suelo es un bosque de mangle y pastizales naturales, adaptados a las condiciones de salinidad y sodicidad, y que debido a su alto contenido de sales y sodio, las prácticas agrícolas son casi nulas. Además, según Zavala *et al.* (2012) el complejo deltaico tabasqueño favorece el avance de la línea de costa hacia el continente, observándose los efectos a través de la erosión de playas y bocas, como ocurren en la comunidad de Sánchez Magallanes, donde la intrusión de agua marina hacia el continente contribuye al incrementar áreas inundadas con aguas salobres y por ende al incremento de suelos salinos.

Gleysoles son otros suelos que se encuentran en esta planicie baja, por presentar un nivel freático cercano a la superficie del suelo, los cuales son susceptibles a las inundaciones de acuerdo a lo mencionado por Zavala (1993) por poseer textura arcillosa y mal drenaje. El ascenso y descenso del nivel freático provoca las condiciones reductoras y anaeróbicas en el perfil, dando lugar al proceso de Gleyzación, que consiste en la reducción de hierro, manganeso y azufre (Bautista *et al.*, 2011). La vegetación dominante es de manglares y algunos pastizales halófitos

### **3.3.3 Planicie palustre**

Esta geoforma se encuentra inundada la mayor parte del año, principalmente con agua dulce, se localiza en depresiones entre paisajes con relieves más elevados como cordones de playa, hacia el norte, y diques naturales de la planicie fluvio deltaica, hacia el sur, los cuales controlan la dirección del drenaje superficial de la llanura

palustre, tal y como lo señalan Zavala *et al.* (1999). Su característica principal es la abundante vegetación hidrófila herbácea, con un gran aporte de material vegetal al suelo, el cual se acumula debido a su lenta descomposición por permanecer sumergido en el agua la mayor parte del tiempo, generando así suelos del grupo Histosol, conocido como los suelos más extensos al ocupar el 10.5 % del todo el estado; en la planicie palustre abarca el 61.9 % de su área. Al respecto, Zavala *et al.* (1999), Barba-Macias *et al.* (2006) y Palma-López *et al.*, (2007), señalan que la formación de estos suelos orgánicos, también llamados turberas o tembladeras, ocurre sobre depósitos de arcillas, limos y arenas de coloración oscura.

Otros suelos dominantes en esta geoforma son los Gleysoles en el 30.1 % del paisaje palustre, por lo general se localizan en las orillas de la planicie palustre, en transición con paisajes de planicies fluviales o peneplanicies, donde el manto freático es elevado temporal o permanentemente, con problemas de mal drenaje interno, todo el perfil presenta rasgos hidromórficos a partir de procesos alternados de oxidación y reducción, manifestándose con coloraciones azulosos o verdosos y moteados de colores rojizos, los cuales se asocian con contenidos variables de agua en el año (Palma-López *et al.*, 2007; Zavala *et al.*, 2009; Gutiérrez y Zavala, 2011; Bautista *et al.* 2011; Zenil, 2011).

En la planicie palustre, también se encontraron superficies muy pequeñas de Fluvisoles (2.5 %), formados sobre sedimentos aluviales de diques naturales que penetran la zona palustre, destacando las márgenes de los ríos Usumacinta y Grijalva antes de su desembocadura en el Golfo. También se encuentran pequeñas superficies de Arenosoles en cordones de playa adyacentes a la costa, y Solonchaks en zonas cercanas a la planicie de inundación lagunar, por lo que presentan instrucción de agua salina proveniente de mar provocando un enriquecimiento de sales fácilmente solubles. Por último, los Tecnosoles (0.1 %) se desarrollan sobre materiales de relleno en instalaciones petroleras ubicadas en esta geoforma, como peras de pozos petroleros, terracerías y bordos de canales. Estos materiales son ajenos al suelo del sitio y fueron excavados por actividades humanas (Effland y Pouyat, 1997; IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007; Rossiter, 2007; Zavala *et al.*, 2011) a partir de

sedimentos de bordos de playa, planicies aluviales o peneplanicies, y luego se depositaron para elevar las tierras y librar las inundaciones en el pantano.

#### **3.3.4 Planicie fluviodeltaica inactiva**

La planicie fluviodeltaica inactiva se formó a partir de la acumulación de sedimentos aluviales durante el Cuaternario Holoceno. Entre los cauces emisores de sedimentos destacan los de los ríos Seco, Cunduacán-Nacajuca, Santana, Naranjeño y Blasillo; todos se derivan de un cauce principal: el Río Mezcalapa, y en conjunto forman un delta en forma de abanico; los cauces mencionados, excepto el Mezcalapa, actualmente están abandonados y se conocen como inactivos al no recibir sedimentos aluviales en forma continua.

Durante los desbordamientos de los ríos se acumuló una gran cantidad de sedimentos de textura gruesa a fina (franco arenoso a arcillosa), provenientes de materiales fluviales transportados a partir de la erosión de rocas sedimentarias detríticas y calizas, e ígneas intrusivas de la Sierra Norte de Chiapas y la Sierra Madre de Chiapas. Al respecto, Zavala *et al.* (2011) mencionan que se formaron amplios bordos o diques naturales adyacentes a los cauces, llamados localmente “vegas de río” (Palma-López *et al.*, 2007) dando origen a suelos oscuros, gruesos, bien estructurados y muy fértiles, clasificados como Fluvisoles, que representan el 31.3 % del paisaje geomorfológico; estos suelos son considerados por Palma-López *et al.* (2002) y Zavala *et al.* (2012) los más fértiles del Estado, al tener buen contenido de materia orgánica y alta saturación de bases (IUSS *et al.*, 2007).

En las planicies de inundación se depositaron sedimentos finos generalmente de textura media, francos arcillosos o arcillosos, formándose amplias zonas planas a cóncavas con mal drenaje superficial, donde se desarrollaron los Cambisoles (27.4%), Gleysoles (21.3 %) y Vertisoles (16.1 %). Los Cambisoles son suelos poco desarrollados con una ligera transformación del material parental, se localizan en áreas mejor drenadas próximas a los diques naturales. Los Vertisoles son suelos que presentan altos contenidos de arcillas expandibles, se caracterizan en temporadas de seca por sus grietas y en la épocas de lluvias son pegajosos y muy plásticos, por lo

tanto Salgado *et al.* (2006) y Bautista y Palacio (2011) señalan que se anegan fácilmente en temporadas de lluvia, volviéndolos resbalosos e impermeables, y en la época de secas sufren severos agrietamientos (Palma-López, 2007). Para Inbellone y Mormeneo (2011), su formación se debe, por un lado, a la granulometría y mineralogía heredada del material originario que provocó la formación de arcillas 2:1 del tipo de las montorillonita y, por otro, a las variaciones del contenido de humedad del suelo a través del año, lo que hace que los suelos se expandan y se contraigan alternadamente. Los Gleysoles se desarrollan en las zonas más bajas y cóncavas, coincidiendo con planicies de inundación y cubetas de decantación (Zavala *et al.*, 2011; Zavala *et al.*, 2012), por lo que presentan manto freático elevado o inundación en la época de lluvias.

### **3.3.5 Planicie fluvial activa**

Esta geoforma se formó durante el Cuaternario Holoceno por procesos fluviales acumulativos derivado de sedimentos provenientes de ríos activos, que en temporadas de lluvias se desbordan sobre la planicie, acumulando gran cantidad de materiales en las áreas cercanas a los cauces. La textura de los sedimentos es similar a la planicie fluviodeltaica inactiva, solo que en esta geoforma los materiales depositados son más recientes. En este sentido Palma-López *et al.* (2007), mencionan que los materiales depositados provienen del intemperismo de calizas, lutitas y areniscas que han sido arrastrados a través de los ríos, desde la Sierra Norte de Chiapas.

El proceso acumulativo aluvial ha formado suelos minerales y orgánicos, en relación directa con las geoformas en franjas paralelas a los ríos; son ricos en nutrientes, de textura arenosa a limo-arcillosa, moderadamente drenados en los diques naturales a mal drenados e inundables en la temporada de lluvias en planicies de inundación y cubetas de decantación. Los Gleysoles (34.3 %) se desarrollan en las planicies y cubetas, y los Fluvisoles (31.3 %) en los diques, en congruencia con los estudios de Zavala *et al.* (2009) y Gutiérrez y Zavala (2011). En el caso de los Fluvisoles se caracterizan por ser de textura medias o medias sobre gruesas, oscuros, bien

estructurados, y con medios contenidos de materia orgánica y valores de carbono orgánico superiores a 0.2% hasta un metro de profundidad. La IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007) señala que estos suelos se forman por depósitos de materiales aluviales nuevos, y Palma-López *et al.* (2007) los relaciona con vegas de río por estar ubicados de forma paralela a los cauces, formando planicies de forma plana a ligeramente convexas (Bautista *et al.*, 2004). Vertisoles (11.1 %) son otros suelos que se forman en zonas planas en transición entre diques naturales y cubetas de decantación, aquí se depositan los materiales más finos (arcillas) que están sujetos a la expansión y contracción de las arcillas montmorilloníticas (Inbellone y Mormeneo, 2011).

### **3.3.6 Peneplanicie de terrazas costeras**

Este paisaje geomorfológico se originó por la acumulación de sedimentos aluviales y marinos que se transformaron en areniscas, lutitas y conglomerados cuya edad es Terciario Mioceno al Cuaternario Pleistoceno (SGM, 2007), por lo que ha estado sujeta a la acción prolongada de procesos exógenos como el intemperismo y la erosión, originando patrones repetitivos de geoformas de lomeríos de baja altura, interfluvios con pendientes suaves a moderadas, valles erosivos y acumulativos, y algunas depresiones. A partir del basamento rocoso y los tipos de relieve, en estas terrazas se han formado suelos de textura arenosa a arcillosa, rica en aluminio y hierro, ácida, intemperizados, de baja fertilidad, y por-desarrollarse en pendientes que van desde 3 a 15%, están propensos a la erosión. Hernández (2004) señala que el aumento de hierro y aluminio se presenta cuando la lluvia que cae al suelo, es mayor que la evapotranspiración, produciendo una lixiviación de iones ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$ ) dentro del perfil del suelo, quedando solo cationes metálicos ( $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  y  $\text{Mg}^{+4}$ ), y por lo tanto se forman suelos ácidos con alta toxicidad por Al (Pandey *et al.*, 1992). En concordancia con estos resultados, Ceballos *et al.* (1994), Porta *et al.* (2005) y Palma-López *et al.* (2007), indican que estos suelos son de poca fertilidad al presentar baja saturación de bases, lo que se manifiesta al tener deficiencias de calcio, magnesio, fósforo y molibdeno.

Por lo tanto, en el paisaje de peneplanicie costera se forman suelos con horizonte B árgico, derivado del lavado de arcillas en los horizontes superiores, como los Acrisoles (29.8 %), Alisoles (19.6 %), Luvisoles (15.0 %), Lixisoles (5.7 %), Plintosoles (3.9 %) y Nitisoles (0.08 %).

### **3.3.7 Peneplanicie de terrazas carsticas**

Este paisaje geomorfológico tiene un basamento de rocas calizas y margas de edad Terciario Mioceno (SGM, 2007). Los relieves se forman por procesos cársticos asociados a la infiltración de agua de lluvia en las abundantes fracturas y fallas de las calizas y margas, dando origen a formas planas a ligeramente onduladas, dolinas, planicies cársticas y depresiones; a veces, sedimentos de lutitas, conglomerados y areniscas yacen sobre las rocas calizas. Los suelos se relacionan con esta secuencia de geformas. Para Bautista *et al.* (2005) el desarrollo de este paisaje geomorfológico depende de la disolución de la roca caliza a través del proceso de carbonatación, en donde la intensidad y transporte de carbonatos está ligado a la pureza de la roca y la intensidad de la precipitación. Por lo tanto, se encuentran suelos muy delgados que descansan sobre la roca continua o son suelos extremadamente gravillosos o pedregosos, constituidos por un material muy calcáreo, como es el caso de grupo Leptosol (42.3 %) algunos de ellos adquieren el calificador Réndzico que se identifica por tener un horizonte mólico que descansa sobre roca calcárea pulverulenta con más de 40 % de carbonato de calcio (IUSS Grupo de trabajo WRB, 2007). Este tipo de suelo se encuentra en las planicies cársticas (Bautista *et al.* 2011) y en los lomeríos caracterizados principalmente por la caliza arcillosa, parcialmente cristalizada y dolomitizada, marcada por un color crema (Ortiz *et al.*, 2005; Palma López *et al.*, 2007; Hernández *et al.* 2011).

Otros suelos son los Vertisoles (16.7 %), se localizan en planicies cársticas y se caracterizan por el alto contenido de arcilla, así como los Luvisoles asociados a lomeríos suaves en rocas sedimentarias detríticas, presentan acumulación de arcilla en el subsuelo y ligero proceso de lavado de bases; el incremento de arcilla en el

subsuelo es resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) o argilización (IUSS Grupo de trabajo WRB, 2007; Porta *et al.*, 2005).

### **3.3.8 Valle intermontano**

En este paisaje geomorfológico, las planicies aluviales situadas en el fondo del valle, acumulan materiales como grava, arena y limo, mediante los escurrimientos superficiales que bajan de las laderas adyacentes hacia las márgenes de los ríos, para formar suelos con desarrollo incipiente, que se manifiestan en el cambio en la estructura, coloración, contenido de materiales hasta la remoción de carbonatos, como los Cambisoles (75.7 %); estos suelos se forman a partir de la acumulación de materiales aluviales y coluviales derivados de la erosión reciente, cambian continuamente por acumulación de materiales nuevos derivados de los arrastres de los ríos y por la erosión, al estar desarrollados en sitios con topografía plana a inclinada, influenciados por el agua (FitzPatrick, 1984; Bautista *et al.*, (2011; Zenil Rubio, 2011).

Alisoles (16.1 %) son suelos que presentan lavado de arcillas en los horizontes superiores hacia las capas subyacentes, se ubican en laderas con pendientes pronunciadas, en sedimentos detríticos, tienen profundidad moderada y están propensos a la erosión.

### **3.3.9 Lomerío suave a inclinado volcánico**

En esta geoforma el material de origen es la roca ígnea derivada a partir de las brechas volcánicas andesíticas, donde sus materiales más reciente fue a partir de la erupción del volcán Chichonal ocurrido en abril de 1982, de ahí en adelante el suelo ha sufrido un proceso de consolidación y compactación, dando origen a suelos con horizontes endurecidos derivados de materiales volcánicos (vidrio volcánico).

Los materiales depositados favorecen la pedogénesis, pero sus pendientes moderadas a fuertes contribuyen a los procesos de erosión, de esta manera se interrumpe el desarrollo del suelo (Acevedo *et al.*, 2003) y puede degradarse por mal manejo.

Alisoles (57.5 %) son los suelos que dominan en este paisaje, se desarrollan sobre materiales derivados de la meteorización de rocas, que se forman a partir de rocas sujetas a procesos de meteorización, generando contenidos de arcilla, y óxidos libres de hierro y aluminio. Según Acevedo *et al.* (2003) y Vivanco *et al.* (2010), en su investigación sobre las características de los principales suelos de la cuenca del río Mololoa en Nayarit, estos suelos se desarrollan en la vertiente de un volcán donde su textura va de franco-arcillosa a arcillosa, aumentando hacia el horizonte Bt argílico, caracterizado por su reacción ácida, similar a los Alisoles de los alrededores de Teapa, en Tabasco.

Los Acrisoles (40.8 %) también se desarrollan en estos lomeríos, presentan un pH ácido con alta proporción de arcilla, óxidos de hierro y baja saturación de bases; también son susceptibles a procesos de erosión.

### **3.3.10 Montaña inclinada cárstica**

En este paisaje geomorfológico los procesos endógenos y exógenos, cársticos (disolución química de la roca caliza) y erosivos, han formado anticlinales, sinclinales, laderas inclinadas, planicies cársticas, mogotes, cavernas, ríos subterráneos y algunas dolinas, como resultado de los intensos procesos de disolución del carbonato de calcio y magnesio de la roca caliza. Debido a la presencia de rocas calizas y las fuertes inclinaciones del relieve, prevalecen suelos Leptosoles (77.2 %), seguidos de Luvisoles (9.9 %). Leptosoles son de texturas fina, delgados, descansan sobre la roca continua, son extremadamente pedregosos, constituidos por un material muy calcáreo. Los Luvisoles se formaron por procesos de migración de arcilla hacia el subsuelo, al respecto Bautista *et al.* (2005) mencionan que la morfología de estos suelos se da en geoformas cársticas, cuando existir un proceso de carbonatación de caliza, cuya intensidad y transporte depende del tipo y pureza de la roca. Este proceso se presenta cuando las precipitaciones son muy altas, entonces la infiltración permite la entrada del agua hacia la roca hasta ocasionar un efecto de circulación, como lo señala la SEMARNAT (2000), INEGI (2001) y Bautista *et al.* (2005), hasta formar pozos que generan el descenso del manto freático (Keqiang *et al.* 2004) y provocar grandes



hundimientos en el suelo por el material calcáreo, hasta que el suelo colapsa (Geissen *et al.* 2008).

### **3.3.11 Montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados**

Este paisaje geomorfológico corresponde a las laderas septentrionales de la Sierra Norte de Chiapas, se originó a partir de rocas sedimentarias detríticas tipo lutitas, areniscas, limonitas, areniscas y conglomerados polimícticos de edad Paleoceno al Oligoceno (SGM, 2007). Se conforma por laderas inclinadas y escarpados donde las fuertes pendientes favorecen procesos erosivos, denudativos y gravitacionales que arrancan y depositan gran cantidad de materiales, hasta modelar relieves de forma convexa, cóncava y piedemontes, además de escarpes de falla. A partir del basamento rocoso, en las laderas se forman suelos Alisoles, Acrisoles y Luvisoles, con horizonte B árgico, ácidos, con alta proporción de arcilla de óxidos de hierro, baja saturación en bases, de textura arcillo-arenosa, someros a profundos, susceptibles a la erosión, y pueden ser extremadamente gravillosos o pedregosos. También se encuentran Leptosoles en los escarpes de falla y en laderas muy escarpadas. Estos grupos de suelos, sus características físicas y químicas y factores limitantes, por lo general coinciden con los reportados por Palma-López *et al.* (2007) y Zavala *et al.* (2011).

Este tipo de montañas, según Ortiz *et al.* (2005), Palma López *et al.* (2007), CENAPRED (2009) y Sommer y Oropeza (2010), presentan problemas de inestabilidad por el escurrimiento de agua en el suelo y los intensos procesos erosivos.

## **3.4 CONCLUSIONES**

La distribución geográfica de los suelos del estado de Tabasco se relaciona con los paisajes geomorfológicos.

En la provincia fisiográfica Planicie Costera del Golfo se encontraron siete paisajes geomorfológicos agrupados en planicies (5) y peneplanicies (2), representan el 96% del estado. En planicies sobresalen: a) Arenosoles, Gleysoles e Histosoles en

cordones de playa con sedimentos arenosos; los dos últimos tienen mal drenaje e inundación, e Histosoles destacan por sus capas orgánicas; b) Solonchaks e Histosoles en la planicie baja de inundación lagunar, asociados a sedimentos lagunares y fluviales e inundación con agua salobre; c) Histosoles, Gleysoles y Fluvisoles en la planicie palustre, relacionados con manto freático elevado e inundación la mayor parte del año, excepto los Fluvisoles; y d) En las planicies fluviodeltaica inactiva y fluvial activa, Fluvisoles se desarrollan en diques naturales en sedimentos arenosos a limosos, Vertisoles y Gleysoles en planicies de inundación con sedimentos arcillosos, además presentan manto freático algunos meses, e Histosoles se ubican en cubetas de decantación inundadas casi todo el año.

En peneplanicies destacan: a) Alisoles, Acrisoles y Luvisoles en terrazas costeras de ligera a moderada inclinación con sedimentos de areniscas, lutitas y conglomerados, sometidos a procesos de intemperización y erosión; tienen textura arenosa a arcillosa, horizonte árgico, son ácidos, ricos en aluminio y hierro, con baja saturación de bases, pobres en nutrientes y susceptibles a erosión; y b) Leptosoles, Vertisoles y Gleysoles en peneplanicies cársticas formadas por disolución química, erosión e intemperismo; los primeros se ubican en lomeríos suaves y su poca profundidad es condicionada por rocas calizas y margas, Vertisoles se asocian a planicies cársticas con sedimentos finos, y Gleysoles se encuentran en depresiones mal drenadas e inundables en la época de lluvias; tienen buenos contenidos nutrimentales.

La provincia fisiográfica Sierra de Chiapas y Guatemala tiene cinco paisajes geomorfológicos. Sobresalen los suelos Alisoles y Acrisoles, y en menor grado los Luvisoles, en paisajes de lomerío suave a inclinado volcánico, lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, montaña inclinada en lutitas-areniscas-conglomerados y valle intermontano; las rocas muy intemperizadas contribuyen a que los suelos presenten características físicas y químicas similares a los suelos de peneplanicies costeras, sin embargo, las pendientes moderadas a fuertes determinan que los suelos varíen de profundos a poco profundos y sean más susceptibles a la erosión. Cambisoles asociados a lomeríos inclinados y valles, y Leptosoles en montañas, tienen menor extensión.

En paisajes de montaña cárstica destacan los Leptosoles asociados a rocas calizas, tienen características similares a los de peneplanicie cárstica, pero son más sensibles a la erosión por ubicarse en geoformas con pendiente escarpada. En sedimentos detríticos sobre la montaña cárstica se desarrollan algunos Luvisoles.

### **3.5 LITERATURA CITADA**

Acevedo Sandoval O. A., L. E. Ortiz Hernández, D. Flores Román, A. S. Velásquez Rodríguez, K Flores Castro. 2003. Caracterización física y química de horizontes endurecidos (tepetates) en suelos de origen volcánico del estado de México Colegio de Postgraduados. México Agrociencia, 37(5) 435-449.

Barba-Macías, E., J. Rangel- Mendoza y R. Ramos Reyes. 2006. Clasificación de los humedales de Tabasco Mediante Sistemas de información geográfica. Universidad y ciencia, 22 (2):101-110.

Bautista-Zúñiga, F., H. Estrada-Medina, J. J. Jiménez-Osornio, y G. A. González-Iturbe. 2004. Relación entre el relieve y unidades de suelos en zona cársticas de Yucatán. Terra Latinoamericana. 22: 243-254.

Bautista, F., E Batllori-Sampedro, G. Palacio, M. Ortiz Pérez, M. Castillo-González. 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la península de Yucatán. En: Bautista y Palacios (Eds.) caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche. Universidad Autónoma de Yucatán. P 33-58.

Bautista Z. F., G. Palacios. 2011. Geografía de Suelos regional: península de Yucatán. En: Krasilnikov P., F. J. Jiménez Nava. Reyna-Trujillo, T. García-Calderón (Eds)., Geografía de suelos de México Universidad Autónoma de México. 1ra edición. pp 355-405.

- Bocco, G., M. Mendoza, A. Velázquez y M. A. Torres. 1998. "Forest cover change in Mexico". Ann.Conf.Soil & Water Conservation Society. San Diego. Journal of Soil and Water Conservation. 52(2):164.
- Bocco G., M. E. Mendoza, A. Velázquez, y A. Torres. 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM, 40: 7-22.
- Bocco, G., 2008. "Implicaciones socio-ambientales del cambio global y fortalecimiento de capacidades institucionales locales en regiones costeras del Pacífico Mexicano" Proyecto SEMARNAT – CONACYT.
- Bocco, G., E. M. Mendoza, A. Priego y A Burgos, 2009. La cartografía de sistemas naturales como base geográfica para la planificación territorial. Una revisión de la bibliografía serie planeación territorial. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. 71 p
- Bojórquez I., A. Hernández, D. García, O. Nájera, F. Flores, A. Madueño, R. Bugarín. 2007. Características de los Suelos Cambisoles y Fluvisoles de la Llanura Costera Norte del Estado de Nayarit, México. Cultivos Tropicales, 28 (1) 19-24,
- BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; Mc CRACKEN, R. J. 1990. Génesis y clasificación de suelos (2º ed.). Ed. Trillas, México D. C., México. 417 p.
- Ceballos H, S. Pandey, E. B. Knapp, J. V. Duque. 1994. Tolerancia a suelos ácidos en poblaciones tropicales de maíz del CIMMY; AGRONOMÍA MESOAMERICANA 5: 96-103
- Chicano L. M. 1995. El Paisaje Karstico de Sierra Gorda Formas y Evolución Geodinámica Reciente. Universidad Granada. Espeleotemas 5. 31-50.
- CENAPRED, 2009. Guía práctica de Simulacros de Evaluación de Inmuebles. 3era. Edición. Coayacam, Mexico, D.F. 88 p.

- Cram-Silke, H. Cotler, L. M. Morales, I. Sommer, E Carmona. 2008. Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 66, p. 81-104.
- Elizalde, G. y E. Jaimes. 1989. Propuesta de un modelo Pedogeomorfológico. Instituto de Geografía y de los Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela Rev. Fac. Agron. 24: 1-10
- Elizalde G, Daza M. 2003. Procedimiento para evaluar amenazas de movimientos en masa con información restringida en paisajes montañosos. Rev. Fac. Agron. 29: 197-208
- Effand, W. R. and R. V. Puyat. 1997. "The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas", Urban Ecosystems, 1, pp. 217-228
- Eswaran, H., F.H. Beinroth, P. F. Reich, L. A. Quandt, 1999. Vertisols: Their Properties, Classification, Distribution and Management. US Department of Agriculture, Lincoln, NE, USA
- Fitzpatrick, E. A., 1984. Suelos: su formación, clasificación y distribución. Editorial CECOSA. México D.F. 430 p.
- Flores, R., D., J. R. Alcalá, A. González, J. E. Gama C. 1992. Suelos con fragipán de origen volcánico en clima semicálido y subhúmedo "el caso del noreste del Estado de Morelos, México". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 10: pp. 151-163.
- Flach, K.W., W. D. Nettleton, L. H. Gile y J. G. Cady, 1967. Pedocementation: Induration By Silica, Carbonates, and Sesquioxides in the Quaternary 107 p. 442-453.
- García de Miranda E., 1986. Apuntes de Climatología. 5ta edición. Talleres de OFFSET Larios S.A. México

- Gutiérrez, C. Ma. del C., J. Zavala C., 2011. Rasgos Hidromorficos de Suelos Tropicales Contaminados con Hidrocarburos. Terra Latinoamericana 20: 101-11
- Gutiérrez C. Ma. del C, G. Stoops G C. A. Ortiz Solorio, 1998. Carbonato de calcio en los suelos del ex lago de Texcoco. TERRA latinoamericana 16 (1) p 11-19
- Gerstenhauer, A. 1978. Der tropische Kegelkarst in Tabasco (Mexico). Zeitschrift fuer Geomorphologie, Supplementband Karstmorphologie. Frankfurt, Alemania. pp 22–48.
- Gutiérrez, C. Ma. del C., J. Zavala C., 2011. Rasgos Hidromorficos de Suelos Tropicales Contaminados con Hidrocarburos. Terra Latinoamericana 20: 101-11
- Hernández, Santana J. R., M. A. Ortiz P., A P. Méndez L., L Gama C., 2007. Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 65 :7-21.
- Imbellone, P. y Mormeneo L. 2011. Vertisoles Hidromórficos de la Planicie Costera del Río de La Plata, Argentina. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. 29(2) 107-127.
- INEGI. 2001. Síntesis de Información Geográfica del estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 89 p. + Anexos
- INEGI, 2011. Modelo Digital de Elevación 1:50 000. Generalidades y especificaciones. CONTINÚO DE ELEVACIÓN MEXICANO. Disponible en línea: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/Descarga.aspx>
- IUSS.ISRIC.FAO; 2007; Base de referencia mundial del recurso suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Italia, Roma. 83 p + anexos.

- Hernández-Trejo H. Á., G. Priego-Santander, J. A. López-Portillo, E. Isunza-Vera, 2006. Los paisajes físico-geográficos de los manglares de la laguna de la Mancha, Veracruz, México *Interciencia*, 31 (3) 211-219
- Hernández-Santana J. R., A. P. Méndez-linares, M. Bollo-Manent. 2011., Análisis Morfoestructural del Relieve Noroccidental del Estado de Chiapas, México. *Rev. Geográfica Venezolana*. 53(1) 57-75.
- Hernández-Zapata R. 2002. Química de la acidez del suelo. Capítulo 2. pp 51-80.
- Jaimes, E. 1985. Análisis de las relaciones geomorfológicas suelo en las cuencas altas de los ríos Aragua y Petaquire serranía del litoral central cordillera de la costa. Trabajo de Maestría. Postgrado en Ciencia del Suelo, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 155 p.
- Jenny, H., 1941. *Factors of soil formation*. New York: McGraw. Hill.
- Kauffer, F. E. A., C. L. Villanueva, 2011. Restos de la región de una cuenca construida de la península de Yucatan. *Aqua-LAC* - 3 (2) 81-91
- Li, Z., and Z. Wang. 1990. *The Basis of Engineering Geology*. Publishing Company of China Geoscience University. China. 45. pp: 176-179.
- Lugo Hubp J. 2011. *Diccionario Geomorfológico*. . UNAM 1ra ed. 480 p.
- Lugo H. J y C. Córdova F. 1992. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM, México. *Investigaciones geográficas* 25: 25-63.
- Muños Graciela E. 2010. “planicie de inundación e inundaciones”. Universidad Blas Pascal. (En línea) Córdoba argentina [www.udp.edu.ar/todoambiente/templates/monografias/inundaciones](http://www.udp.edu.ar/todoambiente/templates/monografias/inundaciones). Revisada el día 24 de noviembre del 2012.

- Naveh, Z. y A.S. Lieberman. 1993. Landscape Ecology: theory and application. Springer Verlag, New York.
- Novelo Retana A., 2006., Plantas acuáticas de la reserva de la biosfera pantanos de Centla. UNAM. 260 p.
- Novelo A, Ramos L. 2005. Vegetación acuática.. En: Bueno J, Álvarez F, Santiago S (eds) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México. Cap. 5: pp. 111-144
- Ortiz, Pérez, MA. 1992. "Retrosceso reciente de la línea de costa del frente deltaico del río San Pedro, Campeche, Tabasco", Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 25, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-23
- Ortiz-Pérez M. A., C. Siebe y S. Cram., 2005; Diferenciación Geográfica de Tabasco.. En: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (Eds) BIODIVERSIDAD DEL ESTADO DE TABASCO, Instituto de Biología, UNAM- CONABIO MÉXICO. Cap. 14: 305-322.
- Palma López D. J. 1985. Caracterización de los suelos de Tabasco. Uso actual, potencia y taxonomía. Gobierno del Estado de Tabasco, Villahermosa, México.
- Palma-López D. J., J. Cisneros Dominguez, N. Rivero Bautista, A. Triano Sanchez, R. Castañeda Ceja, 2002. Hacia un desarrollo sustentable del uso de los suelos. En: D. J. Palma-López, y A. Triano S. Plan de usos sustentable de los suelos de Tabasco. Colegio de Postgraduados, ISPROTAB, Villahermosa, Tabasco. 180 p.
- Palma-López D. D. J., J. Cisneros, E. Moreno-Caliz y J. A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Palma-López D., J., E. Moreno, C., J.A. Rincón-Ramírez, E. D. Shirman T., 2008. Degradación y Conservación de los suelos de Tabasco. Colegio de Postgraduados CONACYT, CCYTET. Villahermosa, Tabasco, México. 74 p.



- Payton, R. W. 1993. Fragipan formation in argillic brown earths (Fragiudalfs) of the Milfield Plain, north-east England. II. Post Devensian developmental processes and the origin of fragipan consistence. *J. Soil Sci.* 44: 703-723.
- Pandey, S.; H. Ceballos, E. B. Knapp, J. D. Vargas. 1992. Genetic variability in maize for adaptation to acid soils. Simposio Internacional sobre Estresse ambiental: O milho em perspectiva. pp 8-13.
- Ponnamperuma, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy* 24: 29-96.
- Porta, C. J., López-Acevedo R. M. 2005. Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 541 p.
- Porta, C. J., R. M. López-Acevedo. 2005. Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 541 p.
- Psuty N. P. 1965. "Beach-Ridge Development in Tabasco", *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 55, México, pp. 43-54.
- Rossiter, D. G. (2007), "Classification of urban and industrial soils in the world referente base for soil resources, *J. Soils Sediments. World Reference Base for Soil Resources* p. 5
- Sanchez A.J. y E Barba. 2005. Biodiversidad de Tabasco en Bueno. J.,Álvarez y S. Santiago (Eds) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO, México. pp: 1-16.
- Sistema Geológico Mexicano, 2005, Carta Geológico Minero: Villahermosa E15-8, Tabasco, Veracruz, Chiapas y Guatemala.

SGM (Servicio Geológico Mexicano (2007) CARTA Geológica de México escala 1:2,000,000. 6ta edición.

Salgado-García. S., D. J. Palma-López, L. C. Lagunes-Espinoza., M. Castelan-Estrada. Manual para muestreos de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis. Noviembre 2006. Colegio de Postgraduados-Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 90 p.

Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., L. C. Lagunes E., M. Castelán-Estrada, C.F. Ortiz-García, F. Ventura-Ulloa, A. Marín-Aguilar, E. Moreno-C. y J. Rincón-Ramírez. 2007. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en el área citrícola de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. 89 p.

Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., L. C. Lagunes E., Ortiz-García C.F.,Castelan-Estrada, M., Guerrero-Peña, A., Moreno-Cáliz, E., Rincón-Ramírez J. A. 2008. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar: Ingenio Azuremex. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 102 p

Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., L. C. Lagunés E., Castelán-Estrada, M., Ortiz-García C. F., Juárez-López F., Ruiz Rosado Octavio., Armida Alcudia L., Rincón-Ramírez J. A. 2009. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en caña de azúcar: Ingenio Presidente Benito Juárez Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 78 p.

Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz., C. F. Ortiz-García, M. Castelán-Estrada, L. C. Lagunés E., A. Guerrero-Peña, A. L. Ortiz Ceballo, S. Córdova Sánchez. 2010. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en la zona Piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco H. Cardenas Tabasco. México. 81 p.

- Salgado-García S., D. J. Palma López, J. Zavala-Cruz, L. del C. Lagunés-Espinosa, M. Castelán Estrada, C. F. Ortiz-García, J. F. Juárez López, O. Ruiz-Rosado, L. Armida-Alcudia, J. A. Rincón Ramírez. 2013. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIRDF): Ingenio Presidente Benito Juárez. Grupo MASCAÑA Lp1-2 AESS. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 84 p.
- SEMARNAT. 2000. Programa de manejo Reserva de la biosfera, montes azules. Instituto nacional de ecología. 257 p.
- Shoji, S., M. Nanzyo and R. Dahlgren A. 1993. Volcanic Ash Soils. Genesis, Properties and Utilization. Ed. Elsevier. 288 p
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys Agricultural Handbook. 2da edition. United States Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service Washington DC, USA. 869 p.
- Soil Survey Staff, 2010. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. USDA. NRCS. 346 p.
- Sommer C. I., S. Cram H, O. Oropeza O. 2010. Unidades de Suelos Dominantes. Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Van Wambeké A. 1992. Soil of the tropics: properties and appraisal McGraw-Hill, New York, 343 p.
- Vivanco J. C., J. I. Bojórquez, R. M. Murray, O. Nájera, A. Hernández y F. Flores. 2010. características de los principales suelos de la cuenca del río mololoa, Tepic, Nayarit, México Cultivos Tropicales. 31 (1) 32-40.
- Velázquez, A. 1993. "Landscape ecology of Tláloc and Pelado volcanoes, México ITC. Publication, n. 16. 151 p.

- Tripaldi a. Limarino C., 2008. Ambientes de interacción eólica-Fluvial en valles intermontanos: ejemplos actuales y antiguos. LATIN AMERICAN JOURNAL OF SEDIMENTOLOGY AND BASIN ANÁLISIS. 15 (1) 43-66
- West R. C., P. Psuty N., G. Thom B. 1986. Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Gobierno del Estado de, Instituto de Cultura de Tabasco, México. 326 p.
- Zavala C., J. 1993. Evaluación de los cambios de uso del suelo como un proceso de degradación en el campo petrolero Samaria, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. México
- Zavala Cruz. J., D. J. Palma-López y R. H. Adams Schroeder. 1999. Geomorfología y Suelos de los Campos Petroleros Sánchez Magallanes y la venta Tabasco. En Descripción Cartográfica de unidades Geomorficas y Suelos de las Plantaciones y su Área de Influencia. CP-UJAT. Cárdenas Tabasco., 63 p.
- Zavala-Cruz. J., O. Catillo A., A. I. Ortiz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez L., S Salgado-García, J. A. Rincon-Ramirez, E. Moreno C., 2009. Capacidad de uso Urbano en Tabasco con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Secretaria de asentamientos y Obras. Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Consejo de Ciencia y tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa Tabasco, México. 204 p.
- Zavala Cruz. J., D. J. Palma-López, C. R. Fernández Cabrera, A. López Castañeda, E. D. Torres S. 2011., Degradación y Conservación de suelos en la cuenca del rio Grijalva, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Secretaria de Recursos naturales y protección ambiental y PEMEX. Villahermosa Tabasco México. 90 p.
- Zavala-Cruz J., y E. García López. 2012. Suelo y Vegetación de la Cuenca Baja del Rio Tonalá, Tabasco. Publicación especial del Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 142 p
- Zapata Hernández, R. 2004. Química de la acidez del suelo. Cali, Colombia. 208 p.

Zinck J. A. 2012. GEOPEDOLOGIA: Elementos de geomorfología para estudios suelos y riesgos naturales. Faculty Geo-Information Science and Earth observation Enschede, the Netherlands. 123 pp

## CONCLUSIONES GENERALES

El estado de Tabasco presenta gran variedad de paisajes geomorfológicos diferenciados por su forma, pendiente, altura, procesos geomorfológicos, litología y drenaje. Paisajes de planicies (cordones de playa, inundación lagunar, palustre, fluviodeltaica inactiva y fluvial activa) tienen alturas de 0 a 40 msnm, pendientes inferiores a 2%, procesos de acumulación de sedimentos arenosos a arcillosos y orgánicos, y generalmente sufren inundaciones fluviales. Paisajes de peneplanicies son de forma plana a ligeramente ondulada, con pendientes de 2 a 6%, altura de 10 a 70 msnm, procesos de intemperización en terrazas de areniscas, lutitas, conglomerados, y carsificación en calizas y margas; el drenaje superficial varía de moderado a bueno. Paisajes de lomeríos, sierras y valles tienen alturas de 40 a 1020 msnm, pendientes de 6 a 100%, drenaje superficial eficiente, y procesos de intemperización y erosión en rocas sedimentarias detríticas, y carsificación en calizas y margas.

Con ello se obtuvieron 19 Grupos Mayores de suelos en todo el estado dominando tres Grupos como es el caso de los Gleysoles con 463 425.08 ha representado el 18.74% del total de los suelos del estado Tabasco. Los Histosoles con 335 161.85 ha representado el 13.55 % y los Fluvisoles con 299 196.79 ha con el 12.10 % del total del área de estudio. También encontramos seis grupos que no se habían reportado anteriormente como son Calcisol, Ferralsol, Lixisol, Nitisol, Phaeozem y Tecnosol, ocupando superficies muy pequeñas con porcentaje inferiores a 1.6%.

La distribución geográfica de los suelos del estado de Tabasco se relaciona con los paisajes geomorfológicos. En planicies, destacan Arenosoles en cordones de playa, Solonchaks e Histosoles en la baja de inundación lagunar, Histosoles y Gleysoles en la palustre, y Fluvisoles, Vertisoles, Gleysoles e Histosoles en las fluviales. Peneplanicies de terrazas costeras, lomeríos y montañas con rocas sedimentarias detríticas y volcánicas, desarrollan Alisoles, Acrisoles y Luvisoles, y peneplanicies y montañas cársticas agrupan Leptosoles, Gleysoles y Vertisoles.