

# LEVANTAMIENTO DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE TUXPAN, NAYARIT, MÉXICO\*

José Irán Bojórquez Serrano\*\*  
José López García\*\*\*

## Resumen

Se realizó un levantamiento de suelos semidetallado utilizando la metodología propuesta en 1974 por Elbersen *et al.*, actualizada en 1986 por Villota y Forero y en 1993 por el Soil Survey Staff, mediante el análisis fisiográfico y fotointerpretación se delinearon las unidades de mapeo, mismas que fueron apoyadas con el conocimiento tradicional de los campesinos. La descripción de suelos se basó en Cuanalo (1990). Se describieron 35 perfiles, con un total de 140 muestras a las que se les practicó análisis físicos y químicos para clasificarlos taxonómicamente. Se determinó la disponibilidad de nutrimentos y se sugieren prácticas generales de manejo para cada unidad de mapeo.

## Summary

This paper presents the results of a semidetailed soil survey using the methodology proposed by Elbersen *et al.* (1974), updated by Villota and Forero (1986) and the Soil Survey Staff (1993); through physiographic and photointerpretation analysis soil map units were delineated, these were supported with the traditional knowledge of peasants, soils description was based on the manual Cuanalo (1990). 35 profiles were described and a total of 140 samples were physically and chemically analysed to classify their taxonomy. The availability of nutrients was determined and general practices of management for each unit of soil map units are suggested.

## Introducción

La llanura costera norte de Nayarit ostenta suelos de buena calidad, ya sea para fines agropecuarios, pesquería o acuacultura; actividades que en muchos de los casos se están dando sin una planeación adecuada, lo cual repercute en bajos rendimientos, desequilibrios ecológicos, pobreza y, en general, en una disminución en la calidad de vida de los habitantes (INEGI, 1991 y 1996)

\* Recibido 2 de octubre de 1997.

\*\* Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo", Tepic, Nayarit, México.

\*\*\* Instituto de Geografía, UNAM, México

El desarrollo de esta región depende, entre otros aspectos, de la buena planeación que se haga para el uso y manejo de sus recursos (suelo, agua, etc.), del equipamiento e infraestructura para las actividades programadas, de la organización y capacitación para la producción, del financiamiento y mercadeo de los productos.

Para lograr una verdadera planeación del territorio es necesario conocer el origen, distribución y propiedades de los suelos (fertilidad, salinidad, textura y permeabilidad) y las condiciones climáticas e hidrológicas imperantes; lo anterior se logra a través de los levantamientos de suelos y su posterior evaluación de tierras.

En el municipio de Tuxpan, en el estado de Nayarit, existe poca información publicada acerca de los suelos, lo que trae consigo sistemas de producción poco eficientes y procesos de deterioro de este recurso.

En este trabajo se plantea disponer de información sobre la distribución y propiedades de los suelos para apoyar la toma de decisiones y el mejoramiento de los sistemas productivos. Lo anterior a través de un levantamiento semidetallado de suelos y la identificación de los terrenos con problemas de salinidad y la disponibilidad de nutrimentos para los cultivos.

### **Antecedentes**

En esta región se han realizado tres trabajos con estos mismos propósitos, mencionados a continuación

CNA-SARH, 1960. Estudio agrológico del distrito de riego del río San Pedro, Nayarit. Este trabajo tiene un nivel de reconocimiento, describe generalidades del distrito de riego y las series de suelos identificadas: Tamarindos, Tuxpan, Ceiba, Marisma y Crucero dentro del grupo de los suelos recientes y las series Palmas y Chilapa como suelos medianamente intemperizados. Reportan la clasificación agrícola de las tierras de regadío y determinan las siguientes clases: suelos de primera clase, 30 930.6 ha; de segunda, 13 768.4 ha; de tercera, 3 425.9 ha, y de cuarta clase 5 024.1 ha. Finalmente, representan la clasificación en un plano a escala 1:10 000 con curvas de nivel cada metro. A la zona en estudio corresponden las series Tuxpan y Marisma.

También se tiene un estudio agrológico detallado del proyecto Coamiles, municipio de Tuxpan, Nayarit, SARH, 1969. Describe la serie de suelos Coamiles, los resultados de análisis físicos y químicos de tres pozos y la clasificación de los terrenos, y se dan sugerencias para su manejo. Finalmente, presenta planos a escala 1:5 000 de las series de suelos, la clasificación para uso agrícola y el de uso actual del suelo.

Estudio agrológico detallado proyecto Coamiles, municipio de Tuxpan, Nayarit, SARH, 1972. Este estudio plantea los mismos objetivos que el anterior. Describe tres series de suelos: La Punta, Coamiles e Ibarra; la clasificación de los suelos, y presenta cartografía a escala 1:20 000 de las series identificadas y la clasificación agrícola de los suelos.

## Descripción de la zona en estudio

### Localización

La zona en estudio se localiza en el estado de Nayarit, dentro de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Pacífico, incluye tres sistemas de topofórmats, las marismas con lagunas, la llanura deltaica y pequeñas sierras de laderas tendidas (SPP, 1981a). Geográficamente se encuentra entre las coordenadas  $21^{\circ} 52'$  y  $22^{\circ} 01'$  de latitud norte y  $105^{\circ} 10'$  y  $105^{\circ} 27'$  de longitud oeste, con un total de 30 692 ha (**Figura 1**).

### Geología y geomorfología

El mapa geológico indica para el municipio de Tuxpan, rocas andesíticas en el Cerro Peñitas; en la llanura deltaica, suelos aluviales, y en las marismas, suelos de origen palustre (CETENAL, 1974a).

Curry *et al.* (1969) en su trabajo sobre "Holocene History of a Strand Plain, Lagoonal Coast, Nayarit, Mexico", comentan que desde hace 7000 años ocurrió un proceso de transgresión sobre la superficie deltaica, derivado de un aumento en el nivel del mar y entre 4750 y 3600 años se inició la regresión de la línea de la costa de Nayarit.

Lo anterior modificó de manera drástica el drenaje del sistema deltaico, el cual se fue acomodando conforme a los cambios en dirección del transporte de sedimentos, cambiando el curso de manera repentina en su trayectoria por la llanura fluvial, sin que aparentemente exista alguna razón de índole geomorfológica (Ortiz *et al.*, 1993), por lo que se han formado largas lagunas y sinuosas entradas de marea que fueron migrando a lo largo de la franja costera. El aporte de sedimentos tiene una velocidad de depósito que supera el avance transgresivo del litoral, por lo que se trata de una costa de levantamiento.

A principios del fenómeno regresivo, el río Santiago y el río San Pedro confluyen antes de la desembocadura en el Océano, y hace unos 500 años ambos ríos se separaron, causando reorientaciones de la línea de costa debido a los cambios de los centros de depósito (Ortiz, 1979). A partir de su separación, el río San Pedro ha migrado su desembocadura hacia el Norte, reconociendo como su nivel de base, en el presente siglo, a la Laguna Grande de Mexcaltitán.

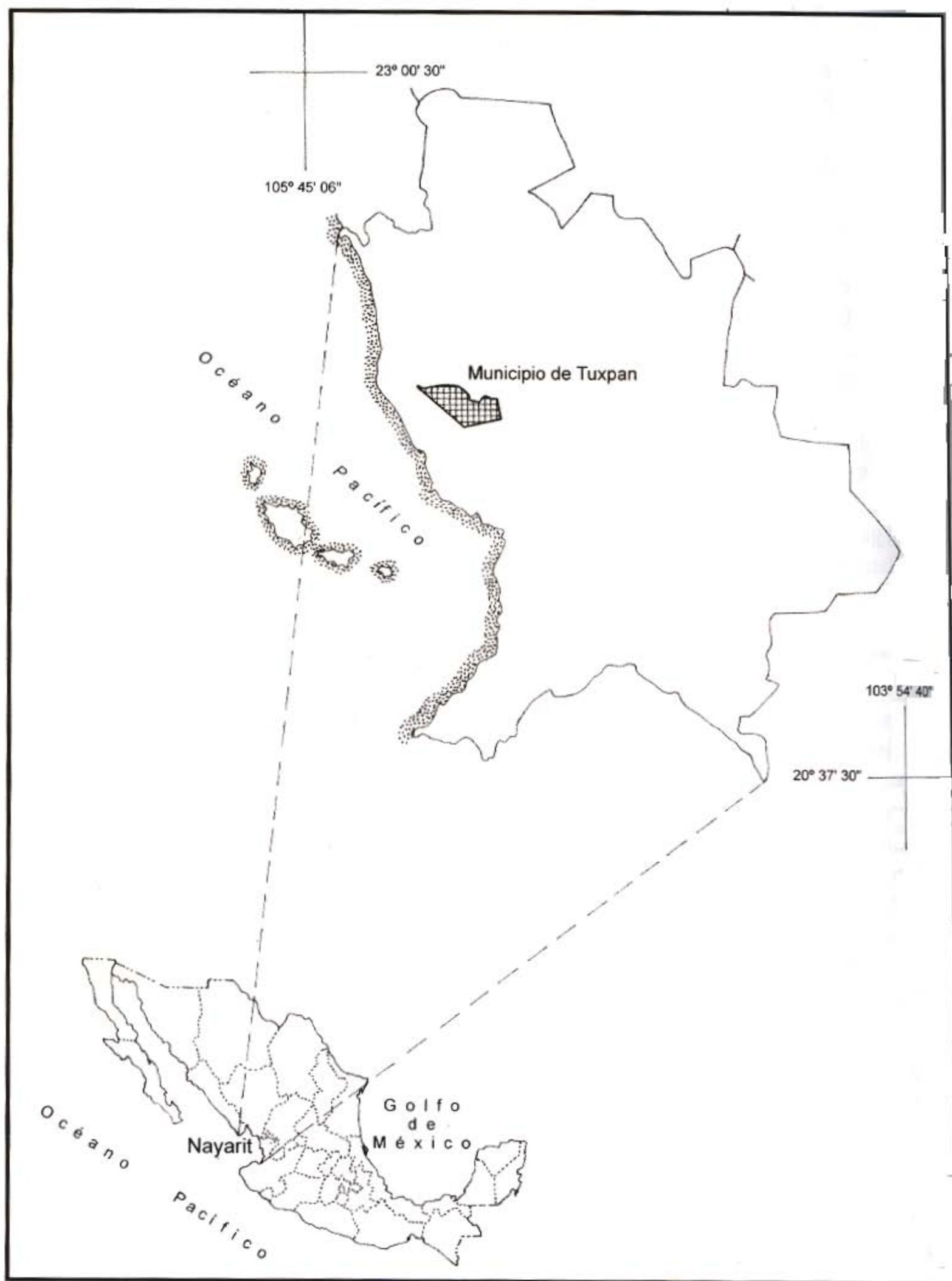


Figura 1. Localización del área en estudio.

Recientemente Romo (1994) reconoce las siguientes geoformas: *Elevaciones mayores*: Sierras de laderas tendidas, con alturas entre 20 y 400 msnm. *Elevaciones menores*: Lomeríos dómicos aislados asociados con llanos, con altura de 20 a 70 msnm. *Lecho fluvial*: Distingue 4 niveles de terrazas: canal de estiaje, lecho mayor de inundación ordinaria, lecho mayor de inundación extraordinaria, lecho mayor de inundación excepcional. *Llanura*. Por su posición separó dos tipos de llanuras: *a) Llanura alta fluvial*. Resultado del depósito de aluviones antiguos estratificados que subyacen en las rocas continentales más antiguas; presenta alturas entre 10 y 20 msnm, y *b) Llanura baja fluvio-deltaica*. Zona de transición entre el continente y el Océano. Dentro de ella identificó las siguientes unidades geomórficas: brazos de crecida, bancos y barras de meandros, lagunas, meandros abandonados, hoyas de decantación, abanico deltaico y mantos de displayamiento.

### Clima

El municipio de Tuxpan presenta clima cálido húmedo, con temperatura promedio anual superior a 26° C y precipitación media anual entre 1 200 y 1 500 mm al oeste y entre 1 500 y 2 000 mm al oriente (SPP, 1981b).

La estación San Pedro colindante con el municipio de Tuxpan, registra temperatura media anual de 25.7° C, los meses más calientes son de mayo a octubre (27 a 29° C) y el más frío enero (con 21.8° C). La precipitación media anual es de 1 475 mm, concentrada en los meses de junio a octubre.

El área de trabajo presenta clima tropical caliente, con periodo de crecimiento normal, apto para el grupo de cultivos II y III, con forma fotosintética C3 y C4, cuyas temperaturas óptimas para la fotosíntesis son de 15-30° C y de 30 a 35° C, respectivamente.

### Hidrología

La zona en estudio se localiza en la parte baja de la cuenca del río San Pedro, correspondiente a la región hidrológica número 11 (SPP, 1981b).

De acuerdo con los gastos máximos mensuales durante 50 años (1944-1993) de la estación hidrométrica de Vado de San Pedro Ruíz (21°59'15" de latitud norte y 105°08'30" de longitud oeste), el valor máximo presentado en este río fue de 5 350 m<sup>3</sup>/seg (noviembre de 1976).

Al analizar los gastos del río San Pedro superiores a 500 m<sup>3</sup>/seg por fechas de ocurrencia, se aprecia que el mayor número de avenidas se presenta en los meses de julio y agosto, lo cual se asocia a la temporada de lluvias; sin embargo, los mayores volúmenes ocurren en los meses de septiembre a enero, que es cuando se presenta el mayor número de ciclones intertropicales, seguido de los nortes (**Figura 2**).

Respecto a la calidad del agua para riego del sistema San Pedro (SPP, 1981b) se reporta una muestra tomada (septiembre 30 de 1979) en el canal de estiaje a la altura de Laguna del Mar, al este de la Estación Ruiz, con agua de baja salinidad y sodio, la cual puede usarse para riego en la mayor parte de los cultivos y en casi cualquier tipo de suelo. Otra muestra captada en la Laguna Grande de Mexcaltitán, al oeste del pueblo de Tuxpan, de agua altamente salina que no puede usarse para el riego.

### Vegetación

La vegetación reportada para la zona en estudio es selva mediana subcaducifolia, palmar, vegetación halófila, manglar y selva baja caducifolia (CETENAL, 1974b).

Por otra parte, Téllez (1995) reporta las siguientes comunidades vegetales: Bosque tropical subcaducifolio en la vertiente Oriental de las sierras de Peñitas y Coamiles, los principales componentes son *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*, *Bursera arborea*, *B. simaruba*, *Capparis asperifolia*, *Casearia pringlei*, *Ceiba aesculifolia*, *Sapium pedicellatum*, *Sideroxylon capiri* y *Thevetia ovata*.

Bosque tropical caducifolio en la vertiente Occidental de las sierras de Peñitas y Coamiles, se halla con cierto grado de alteración como se puede apreciar por su composición florística, con un estrato arbóreo compuesto por *Acacia hindsii*, *Bunchosia palmeri*, *Guazuma ulmifolia*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Croton reflexifolius*, *Erythrina lanata* subsp. *occidentalis*, *Lysiloma microphylla*, *Colubrina triflora*, *Zanthoxylon fagara*, *Cochlospermum vitifolium*, *Agonandra racemosa*, *Amyris* sp., *Nectandra* sp., *Salvia sessiliflora*.

Al sur del pueblo de Tuxpan se localiza una superficie considerable de "palapar", el cual está dominado por palmas, entre ellas destaca *Orbignya cohune*, las poblaciones de esta palma se intercalan con elementos del bosque tropical subcaducifolio. En los orillares del río San Pedro dominan *Astianthus vimialis*, *Taxodium mucronatum*, *Salix humboldtiana* y *S. chilensis*.

## RIESGO A INUNDACIONES

- 1 MUY ALTO (1 año, menor a 800 m<sup>3</sup>/seg)
- 2 ALTO (2 años, 800-1500 m<sup>3</sup>/seg)
- 3 MEDIO (3-5 años, 1500-2500 m<sup>3</sup>/seg)
- 4 BAJO (50 años, mayor a 2500 m<sup>3</sup>/seg)
- 5 MUY BAJO o NULO (100 años, mayor a 7000 m<sup>3</sup>/seg)

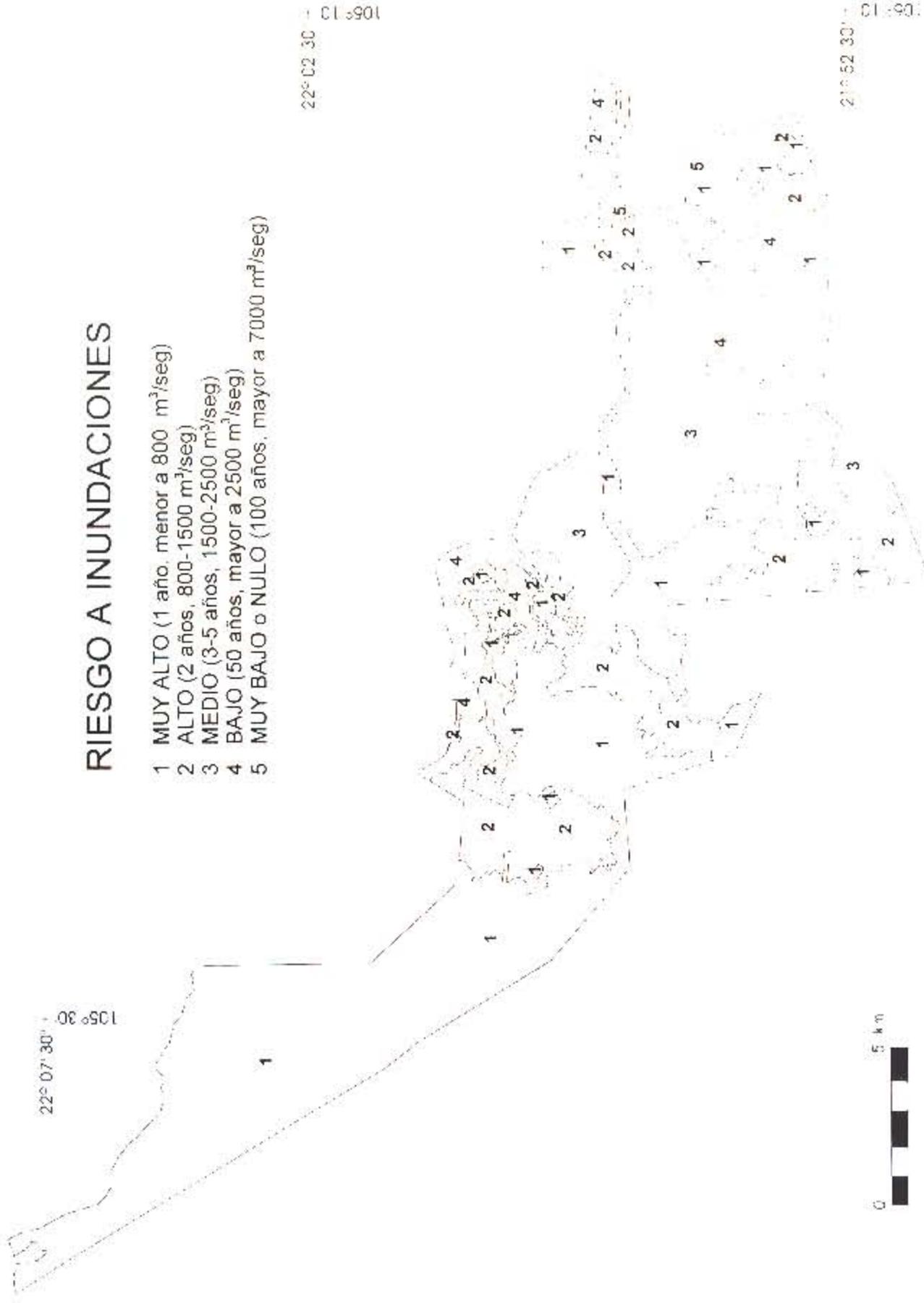


Figura 2. Áreas susceptibles a inundación.

En los esteros Coamiles-Pozo de Ibarra y La Boquita-Pimientillo dominan las especies *Spirodela polyrrhiza*, *Pistia stratiotes*, *Lemma aequinoctialis*, *Typha domingensis*, *Sagittaria lancifolia*, *Crinum* sp., *Acrostichum danaeifolium*, *Hydrocotyle mexicana*, *Phragmites australis*, *Sorghastrum* sp. y *Paspalum* sp.

En los sitios donde suele encharcarse el agua al borde de los caminos por períodos considerables, se encuentran especies como *Heteranthera limosa*, *Ammannia* sp., *Nymphaea elegans* y *Azolla* sp., entre otras.

Entre las especies arbóreas y arbustivas más comunes en los bordes de carretera, caminos, brechas, zonas de vegetación desmontada, zonas de cultivos y áreas cercanas a núcleos humanos, están *Belotia mexicana*, *Bocconia arborea*, *Byrsonima crassifolia*, *Cecropia peltata*, *Cochlospermum vitifolium*, *Croton panamensis*, *Guazuma ullmifolia*, *Helicteres guazumaefolia*, *Lantana camara*, *Luehea candida*, *Trema micrantha*, *Pithecellobium dulce*, *Psidium sartorianum*, *P. guajava*, *Tecoma stans*, *Mimosa albida*, *Mimosa pigra*, *Montanoa karvinski*, *Phytolacca rugosa*, *Rauwolfia heterophylla*, *Solanum torvum*, *Waltheria americana* y *Zanthoxylon fagara*.

Algunas de las especies más frecuentes son *Achyranthes aspera*, *Amaranthus hybridus*, *A. spinosus*, *Anoda cristata*, *Asclepias curassavica*, *Cosmos sulphureus*, *Desmanthus bicornutus*, *Desmodium incanum*, *Euphorbia heterophylla*, *Hydrolea spinosa*, *Iresine celosia*, *Melochia tomentosa*, *Paspalum paniculatum*, *Rhynchelytrum repens*, *Salvia hispanica*, *Sorghum bicolor*, *Tagetes filifolia*, *Tephrosia vicioides* y *Verbena carolina*. Entre las trepadoras más comunes están: *Antigonon leptopus*, *A. flavescens*, *Calopogonium caeruleum*, *Gronovia scandens*, *Lygodium venustum*, *Momordica charantia*, *Pisonia aculeata* y *Rhynchosia minima*.

En las inmediaciones de Mexcaltitán se encuentra en contacto con canales de agua dulce y la desembocadura del río San Pedro, lo cual repercute en variadas condiciones de salinidad. Su composición florística no es diversa, como elementos arbóreos característicos están *Avicenia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. Existen escasas herbáceas, como *Cyperus articulatus*, *Nymphaea elegans*, *Phyla nodiflora* y *Physalis angulata*, con *Sarcostemma clausum* y *Luffa operculata* como únicas trepadoras.

### Uso actual del suelo

El uso del suelo en la zona en estudio es principalmente agrícola en la llanura aluvial, pecuario, en las sierras de Peñitas y Coamiles; forestal, en el palmar y el manglar; y pesca, en el sistema lagunar-estuarino de Mexcaltitán.

En el caso del palmar, las hojas se utilizan para la construcción de "ramadas" para el secado de tabaco y en casas para prestar servicios; el mangle se utiliza para la construcción de cercas, en la horticultura y para hornear pescados.

Dentro de la superficie del municipio de Tuxpan, 16 551 ha están parceladas y 13 770 no parceladas. Un 55.1% son terrenos de labor, 13.76% de pastos naturales, 7.26% de bosque o selva y 23.88% con otro uso. Bajo riego se cultivan 3 600 ha y 9 409 están en condiciones de temporal (INEGI, 1994).

### **Población y vivienda**

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de 1995 (INEGI, 1996), el municipio de Tuxpan presenta una población total de 31 778 habitantes, 15 851 hombres y 15 927 mujeres, 7 590 viviendas, de las cuales 4 904 tienen drenaje, 6 594 agua entubada y 7 477 electricidad, y 2 673 viviendas carecen de drenaje, 982 de agua entubada y 99 de electricidad.

El total de la población está distribuida en seis comunidades (Tuxpan, Peñitas, Coamiles, Palma Grande, Unión de Corrientes y El Tecomate) además de cinco localidades (La Bomba, El Conejo, La Galinda, Las Ladrilleras y Los Rentería). La tasa de crecimiento de la población del municipio entre 1980 y 1990 fue de 0.1%, porcentaje muy inferior al crecimiento estatal (1.3%). El promedio de edad de la población es de 20 años, el mayor promedio de la entidad.

### **Educación**

La población con edad para cursar educación básica (6 a 14 años) es de 6 599, de los cuales 5 836 habitantes saben leer y escribir, y 759 no. La población adulta (mayores de 15 años) es de 21 121; de ellos, 19 103 saben leer y escribir, y 2 018 no. Esto significa que hay 1 062 infantes de 1 a 5 años por recibir educación básica, 24 939 habitantes que saben leer y escribir, y 2 777 que no saben (INEGI, 1996).

Por niveles de educación, un 11.2% de la población no ha recibido instrucción alguna, 28.2 primaria incompleta, 16.5 primaria completa y 41.4% niveles superiores a la primaria (INEGI, 1991).

## Tenencia de la tierra

Del territorio que administra el Ayuntamiento de Tuxpan, Nayarit, 30 295 ha (97.66% del total) son propiedad ejidal, 338 (1.10%) de terrenos privados y 385 (1.24%) corresponden a la Federación (SRA, 1987) (**Figura 3**).

Suman 2 668 campesinos organizados en seis dotaciones ejidales: Las Peñitas (1 249.78 ha), Coamiles (3 213.45 ha), Tuxpan (11 403.23 ha), El Tecomate (193.39 ha), Palma Grande (10 001.46 ha) y Unión de Corrientes (4 234.54 ha).

## Materiales y método

El levantamiento semidetallado de suelos del municipio de Tuxpan se realizó con la metodología propuesta por Elbersen *et al.* (1974), actualizada por Villota y Forero (1986) y el manual de levantamiento de suelos del departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey Staff, 1993), con algunas adaptaciones. Este proceso se dividió en seis fases, listadas a continuación.

1. Fase preparatoria. Se adquirieron los materiales cartográficos y aerofotográficos disponibles de la zona, se revisaron los estudios ya existentes, se prepararon las fotografías aéreas, se elaboró el mapa base de la zona en estudio y la definición de la escala de trabajo para el levantamiento de suelos (de escala 1:20 000 a 1:50 000).
2. Fase de fotointerpretación. Para obtener el mapa de suelos se adquirieron 46 fotografías aéreas blanco y negro, a escala 1:20 000 del vuelo SINFA de octubre de 1995, del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), además de 20 fotografías a escala 1:37 000 del vuelo SINFA de junio de 1993. Con este material fueron interpretados los límites de suelos mediante un análisis fisiográfico del territorio en estudio, para ello se utilizaron los criterios de Villota (1991) y Ortiz *et al.* (1990).
3. Fase de reconocimiento preliminar. Mediante recorridos de campo se definieron las unidades de mapeo de suelos y se estableció el método y densidad de muestreo. El método fue mapeo libre (Elbersen *et al.*, 1974), con una o más observaciones detalladas por cada cambio en el subpaisaje y la densidad de muestreo de 0.69 observaciones detalladas por km<sup>2</sup>.
4. Fase del levantamiento de campo. De marzo de 1995 a diciembre de 1996 se realizaron 35 observaciones detalladas (descripción de unidades de mapeo y de perfiles) de acuerdo con la metodología propuesta por Cuanalo (1990). Se obtuvo un total de 134 muestras de horizontes de suelos.

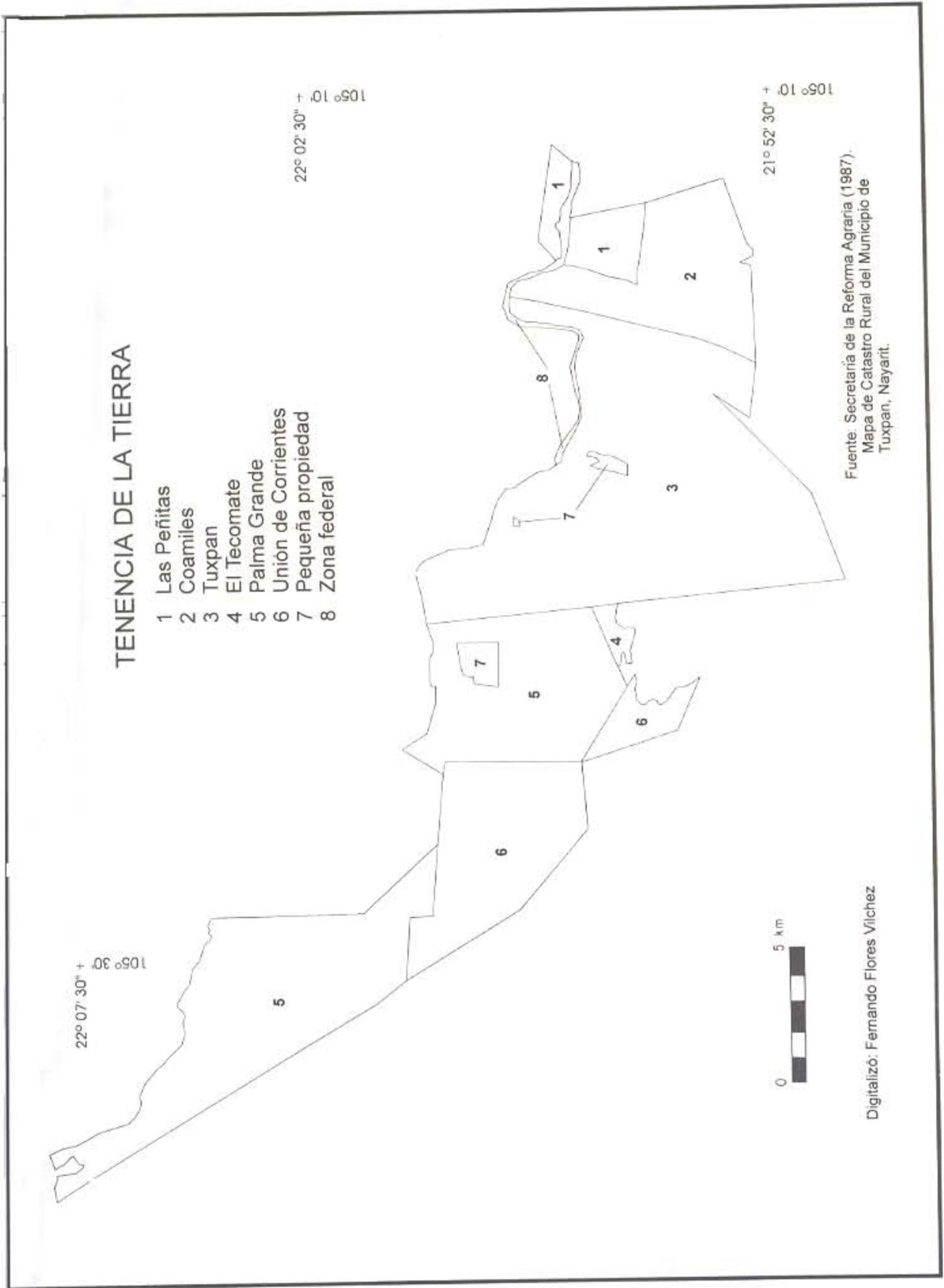


Figura 3. Mapa de tenencia de la tierra.

5. Fase de laboratorio. Previa preparación de las muestras de suelo se les practicaron por duplicado, determinaciones físicas y químicas y se procedió a la clasificación taxonómica de cada uno de los perfiles descritos, de acuerdo con la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos de la FAO-UNESCO (Spaargaren, 1994) y el Sistema Taxonómico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey Staff, 1994) (**Cuadro 1**)

6. Fase de compilación de mapas y digitización de datos. Los límites de suelos establecidos en las fotografías aéreas fueron transferidos al mapa base, posteriormente el mapa de suelos y los puntos de muestreo fueron digitizados en el sistema de información geográfica ILWIS 1.3 (Integrated Land and Water Management Information System) y se editaron como figuras en formato de Corel Draw del sistema Windows 95.

**Cuadro 1** Determinaciones físico, químicas y técnicas empleadas (Ortiz *et al.*, 1993)

DETERMINACIONES	TÉCNICA EMPLEADA
Textura	Hidrómetro de Boyoucos
Materia orgánica	Wakley Black
Carbono orgánico	M O / 1 724
Nitrogeno total	M O / 20
Reacción del suelo	Dilución 1 2 5 en agua y KCl
Bases intercambiables	Acetato de amonio pH 7
Calcio y magnesio	Titulación
Sodio y Potasio	Flamometro
Cap. de intercambio catiónico	Acetato de amonio pH 7
% Saturación de bases	Inferido de las bases intercambiables
% Saturación de Sodio	Inferido del sodio intercambiable
% Carbonato de Calcio	Calcinómetro
Fósforo disponible	Bray I
Saturación de base	Pasta saturada en agua, relación 1 2 5
Conductividad eléctrica	Conductímetro
Calcio y Magnesio	Titulación
Sodio y Potasio	Flamometría

Las unidades de mapeo fueron identificadas con nombres locales (obtenidos a partir de los productores), se definieron en términos generales y a la vez se describe un perfil representativo

Para el análisis de los resultados para identificar y mapear los suelos salinos y sódicos (Richards, 1990) se resumieron los datos en forma tabular y se clasificaron utilizando el ILWIS y se editaron en Corel Draw. De igual manera que los datos de disponibilidad de nutrientes, los criterios de calificación se dan en los cuadros 2 y 3.

**Cuadro 2.** Criterios de interpretación de la CIC y cationes intercambiables (Etchevers *et al.*, 1971)

CIC (meq/100 g)	Ca (meq/100 g)	Mg (meq/100 g)	K (meq/100 g)	Interpretación
0-5	menor de 2	menor de 0.5	menor de 0.2	Muy baja
5-10	2-5	0.5-1.3	0.2-0.3	Baja
10-20	5-10	1.3-3.0	0.3-0.6	Media
20-30	mayor de 10	mayor a 3.0	0.6-1.3	Alta
mayor de 30				Muy alta

**Cuadro 3.** Criterios de interpretación de N total (Tavera, 1985) y Fósforo extractable (CSTPA, 1980)

N total (%)	Interpretación	P extractable (ppm)	Interpretación
menor de 0.05	Muy pobre	menor de 15	Bajo
0.05-0.10	Pobre	15-30	Medio
0.10-0.15	Medio	mayor de 30	Alto
0.15-0.25	Rico		
mayor a 0.25	Muy rico		

## Resultados y discusión

### Fisiografía y suelos

En el municipio en estudio se separaron tres grandes paisajes y cinco paisajes, los cuales incluyen diferentes subpaisajes que suman 20 unidades de mapeo de suelos. Los resultados están resumidos en la leyenda fisiográfica-edafológica (véase cuadro 4), mapa fisiográfico, que incluye unidades de mapeo de suelos (Figura 4) y características generales de las unidades de mapeo de suelos (Cuadro 5). Las unidades fueron descritas por fointerpretación, recorridos de campo y descripción de perfiles de suelos.

Cuadro 4. Leyenda fisiográfica - edafológica del municipio de Tuxpan, Nayarit

GRANDES PAISAJES		SUBPAISAJES		ELEMENTOS DE PAISAJES		UNIDAD DE MAPEO	NOMBRE LOCAL	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA		SUPERFICIE	
						Asociación		FAO-UNESCO, 1984	SOIL TAXONOMY, 1994	Ha	%
Sierra de laderas inclinadas		A1	Laderas inclinadas			A1	Cerri	Leprosol eútrico	Litic Usitorfent	873.51	2.85
		A2	Lomeríos con valles			A2	Lomerío	Regosol haplico	Typic Usitorfent	388.41	1.27
Llanura aluvial meridional		B1	Lecho mayor de inundación ordinario			B1	Tierra zona	Regosol eútrico	Typic Usitorfent	739.36	2.41
		B2	Lecho mayor de inundación extraordinario			B2	Tierra zona	Fluvisol eútrico	Typic Usitorfent	294.01	0.96
		B3	Lecho mayor de inundación excepcional			B3	Tierra dura barral	Fluvisol umbrico	Mollic Usitorfent	160.02	0.52
		C1	Llanura alta ligeramente inclinada			C1	Tierras altas	Cambisol eútrico	Typic Haplumbrept	3553.18	11.56
		C2	Superficies de depresión			C2	Tierra barralosa	Cambisol eútrico	Mollic Haplumbrept	396.84	1.29
		C21	Nivel máximo de inundación temporal			C21	Tierra barralosa	Cambisol eútrico	Mollic Haplumbrept	396.84	1.29
Llanura de desborde y flujo deltaica		D1	Llanura de inundación ordinaria con obras de regulación de cauces			C22	La Purita	Luvisol gleyico	Ventic Natraqual	222.94	0.73
		D2	Llanura aluvial mecá			D1	Bordós	Fluvisol distrito	Typic Usitorfent	352.50	1.15
		D3	Llanura de desborde de los canales de desfogue			D2	Llanura	Fluvisol eútrico	Typic Usitorfent	3222.31	10.50
		D4	Superficies de depresión			D3	Canal	Cambisol eútrico	Typic Usitorfent	1439.90	4.69
		D41	Superficies de inundación con avenidas excepcionales			D41	Palapar	Cambisol mollico	Typic Haplumbrept	2024.50	6.60
		D42	Nivel máximo de inundación temporal			D42	Salitre	Fluvisol salico	Typic Usitorfent	304.33	0.99
		D43	Nivel ordinario de inundación			D43	Inundable	Stagnosol gleyico	Acuic Dystrichrept	3425.12	11.16
		D44	Hoya de decantación			D44	Lagunas	Luvisol gleyico	Ventic Natraqual	406.45	1.32
		D5	Superficies de colmatación de antiguas áreas deprimidas			D51	Arriaguas-lagunas	Fluvisol eútrico	Typic Usitorfent	2057.40	6.70
		D52	Superficies de inundación ordinaria			D52	Tierra dulce	Fluvisol eútrico	Fluventic Usitorfent	908.02	2.95
		D6	Superficies de migración sin obras de regulación de cauces			D6	Lamadai	Cambisol fluico	Fluventic Usitorfent	1352.89	4.41
		Llanura aluvial baja con influencia fluvio-marina		E1	Marismas			E1	Marisma	Solonchak sodico	Typic Halaquept
E2	Sistema lagunar con manglar					E2	Manglar	Solonchak sodico	Typic Halaquept	7861.01	25.61

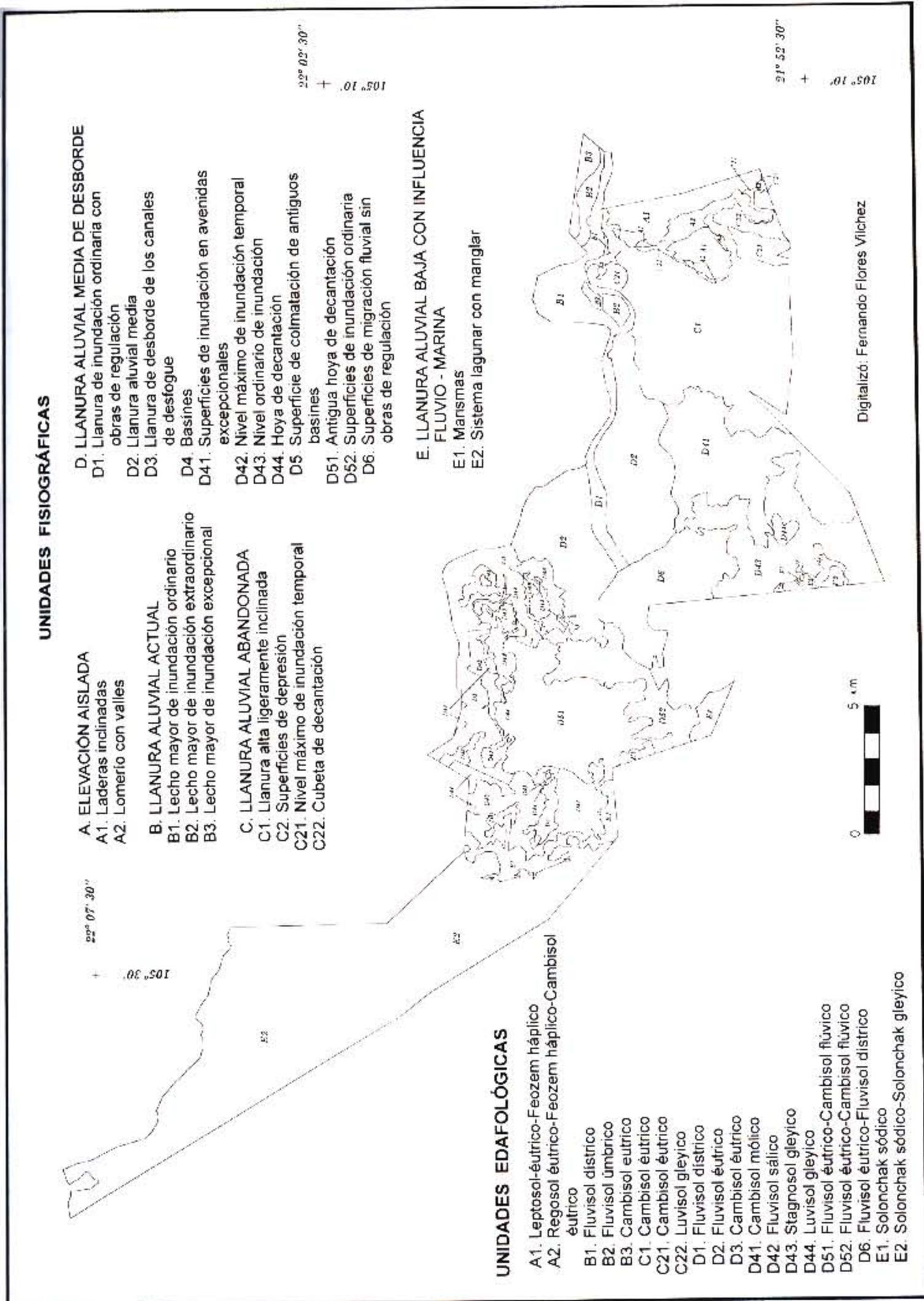


Figura 4. Mapa fisiográfico - edafológico.

**Cuadro 5.** Clasificación de suelos salinos y sódicos de las unidades de mapeo del municipio de Tuxpan, Nayarit

UNIDAD	TEXTURA	pH	INTERPRETACION	ECa (dS/cm)	INTERPRETACION	PSI (%)	CLASE
A2	media ligera media pesada	6.0	medianamente ácido	0.2-0.3	no salino	0.8-2.1	normal
B1	ligera	6.4	ligeramente ácido	0.3	no salino	2.9	normal
B2	media equilibrada	5.8	medianamente ácido	0.5	no salino	0.6	normal
B3	media pesada	6.5	ligeramente ácida	0.4	no salino	5.1	normal
C1	media equilibrada	7.4	ligeramente alcalino	4.3	medianamente salino	5.0	salino
C21	media pesada	6.0	medianamente ácido	0.4	no salino	3.5	normal
D1	media ligera	7.3	muy ligeramente alcalino	2.1	ligeramente salino	2.9-3.9	normal
D2	media equilibrada media pesada	7.2-8.0	muy ligeramente alcalino medianamente alcalino	0.6-1.1	no salino	7.6	normal
D3	media equilibrada media pesada	7.4-8.0	ligeramente alcalino medianamente alcalino	0.8-1.5	no salino	1.4-5.9	normal
D41	media pesada	5.8-6.4	ligeramente ácido medianamente ácido	0.7-1.7	no salino	2.0-4.4	normal
D42	media equilibrada	8.1-9.6	medianamente alcalino extremadamente alcalino	8-16	extremadamente salino	18.9-171.3	salino-sódico
D43	media equilibrada media pesada	5.8-6.3	ligeramente ácido medianamente ácido	27.2-38.4	extremadamente salino	26.2-29.1	salino-sódico
D44	pesada	9.0	muy fuertemente alcalino		extremadamente salino	60.6	salino-sódico
D51	media equilibrada media pesada	6.4-6.7	muy ligeramente ácida	1.5	no salino	1.3-4.8	normal
D52	media ligera media pesada	7.2-7.6	muy ligeramente alcalino ligeramente alcalino	5.5	medianamente salino	6.5-8.5	salino
D6	ligera media equilibrada	6.4-7.4	ligeramente ácido ligeramente alcalino	0.9-2.1	ligeramente salino	8.2-14.4	normal

El primer gran paisaje **Sierra de laderas inclinadas**, incluye un solo paisaje, una *elevación aislada* de origen volcánico y de composición andesítica, presenta elevaciones entre 20 y 400 msnm, localmente se identifica como Cerros de Peñitas y Coamiles; incluye dos subpaisajes, las laderas inclinadas y los lomeríos con valles.

En las *laderas inclinadas* existe vegetación de selva baja y mediana subcaducifolia utilizada para el pastoreo de ganado vacuno. Se identifica localmente como "tierra cerril", la cual está compuesta por una asociación de Leptosol éutrico con Feozem háplico, el primero se encuentra en las porciones más inclinadas de las laderas, generalmente en la porción más alta de la Sierra o en donde por la actividad pecuaria se encuentra degradado el horizonte superficial; el Feozem se localiza en laderas con menor inclinación. La principal limitación de esta unidad es el riesgo a la erosión, por lo que su destino tendrá que ser la conservación del

habitat para fauna y flora silvestres; esta unidad también es compatible con el pastoreo extensivo de ganado y el establecimiento de infraestructura para el turismo (miradores y cabañas rústicas)

Los *lomerios aislados con valles* tienen pendientes moderadas con vegetación secundaria y se utilizan para la agricultura de temporal y pastoreo de ganado vacuno. Los productores la identifican como "tierras de lomerio". Se identificó una asociación de suelos compuesta por un Regosol éutrico y un Feozem haplico, el primero es común en la parte alta de los lomerios y el Feozem en las laderas de menor inclinación y valles (pozos 4 y 6)

Esta unidad no presenta problemas de salinidad, es pobre en nitrógeno y de medio a rico en bases intercambiables (**Cuadros 5 y 6**); la principal limitación de uso es la escasa profundidad del suelo (35 cm), por lo que el tipo de utilización más conveniente debe ser el establecimiento de praderas de temporal y la agricultura de temporal con nivel de inversión de medio a alto

El segundo gran paisaje, la **llanura aluvial meándrica**, se dividió en dos paisajes, la *llanura aluvial actual* y la *llanura aluvial abandonada*. La primera, comprende parte del actual lecho de inundación del río San Pedro, se caracteriza por presentar diferentes niveles de terrazas, de acuerdo con los lechos de inundación. Los procesos predominantes son la erosión en avenidas extraordinarias, dado que excava de manera vertical y lateral los taludes, cuando la corriente es decreciente abandona las secciones laterales y va depositando los materiales de mayor a menor tamaño (Romo, 1994). Por los niveles de inundación se separaron tres niveles de terrazas (subpaisajes) para el mapeo de suelos: a) lecho mayor de inundación ordinario, b) lecho mayor de inundación extraordinario y c) lecho mayor de inundación excepcional.

El *lecho mayor de inundación ordinaria* corresponde al cauce y orillares del río San Pedro, los campesinos lo identifican como "tierra zona", está compuesto por una consociación del suelo Fluvisol distríco (pozo 2) y que se utiliza para el cultivo de maíz durante el temporal de lluvias y para algunas hortalizas y cacahuates de humedad residual. Presenta textura ligera, sin problemas de salinidad, pobre en nitrógeno y fósforo y mediana capacidad de intercambio de bases (**Cuadros 5 y 6**). Las principales limitantes de esta unidad es el alto riesgo de inundación y la textura, que ponen en riesgo la inversión de cualquier cultivo tanto de temporal como de humedad residual (por la presencia de ciclones intertropicales y nortes). El tipo de utilización más conveniente debería ser el establecimiento de praderas de riego para alimentación animal y plantaciones forestales no maderables.

El *lecho mayor de inundación extraordinario* es conocido como "tierra semizona", está compuesto por una consociación del suelo Fluvisol úmbrico (pozo 3), formado por aluviones frescos, ricos en materia orgánica; la unidad se distribuye en los márgenes del río San Pedro, al noreste de la comunidad de Peñitas. Presenta textura franca, mediana acidez (pH 5.8), es pobre en fósforo y muy rica en nitrógeno, capacidad de intercambio y bases (**Cuadros 5 y 6**). En esta unidad se desarrolla con buen éxito una variedad de cultivos de riego y humedad residual, entre los más importantes están tabaco burley, sorgo, frijol y plátano. La limitante más importante es el alto riesgo de inundación, cuando el gasto del río San Pedro es superior a los 800 m<sup>3</sup>/seg.

**Cuadro 6.** Disponibilidad de nutrimentos en suelos del municipio de Tuxpan, Nayarit

UNIDAD	% total	INTERPRETACION	P ppm	INTERPRETACION	CIC meg/100g	INTERPRETACION	Ca meg/100g	INTERPRETACION	Mg meg/100g	INTERPRETACION	K meg/100g	INTERPRETACION
A2	0.08	pobre	-	-	19-49	medio-muy alto	11.8-30.6	alta	0.5	muy pobre	0.7-1.3	alta
B1	0.07	pobre	5	bajo	17	medio	3.1	alta	3.0	med.a	1.3	alta
B2	0.29	muy rico	8	bajo	33	muy alto	25.8	alta	4.8	alta	1.7	alta
B3	0.05	pobre	6	bajo	29	alto	19.7	alta	5.2	alta	0.8	alta
C1	0.04-0.07	pobre	25	media	26-29	alto	17.2-27.5	alta	10.0-10.2	alta	1.8-13.0	alta
C21	0.07	pobre	-	-	29	alto	26.2	alta	12.2	alta	2.5	alta
D1	0.10	pobre	7	bajo	22	alto	18.0	alta	6.0	alta	1.8	alta
D2	0.03-0.16	pobre	-	-	20-27	alto	13.1-20.2	alta	3.2-6.1	alta	2.0-2.3	alta
D3	0.06-0.08	pobre	8	bajo	23-31	alto-muy alto	18.4-25.1	alta	8.3-10.0	alta	1.9-3.2	alta
D41	0.11-0.15	medio	-	-	29-32	alto-muy alto	21.5-24.6	alta	7.5-7.8	alta	1.2-2.6	alta
D42	0.05-0.07	pobre	31	alto	22-25	alto	22.0-34.0	alta	5.3-8.0	alta	2.1-3.2	alta
D43	0.15-0.20	rico	19	medio	34-42	muy alto	27.3-44.2	alta	10.9-13.6	alta	2.0-2.1	alta
D44	0.43	medio	18	medio	36	muy alto	24.5	alta	10.5	alta	2.0	alta
D51	0.11	medio	5	bajo	35-40	muy alto	25.0-27.0	alta	6.1-7.2	alta	0.8-1.8	alta
D52	0.05	pobre	13	bajo	35	muy alto	30.0	alta	12	alta	1.5	alta
D6	0.05-0.09	pobre	8	bajo	19	medio	15-25.3	alta	6.0	alta	1.5	alta

- Sin datos.

El tercer nivel de terraza identificado corresponde al *lecho mayor de inundación excepcional*, el cual es conocido por los campesinos como "tierra dura barrial", es una consociación del suelo Cambisol éutrico (pozo 1), el cual se distribuye al Este de la localidad El Tamarindo. Presenta ligera acidez (pH 6.5), sin problemas de salinidad, es pobre en nitrógeno y fósforo y tiene alta capacidad de intercambio catiónico y bases (**Cuadros 5 y 6**). Las principales limitantes de esta unidad son el manto freático superficial (septiembre-noviembre) originado por acumulación de agua durante el temporal de lluvias y problemas de manejo por el tipo de textura (franco arcillosa). Se desarrollan diversos cultivos de riego y humedad residual; destaca el tabaco virginia, frijol y sorgo. Se requiere la realización de subsoleo y la aplicación de materia orgánica para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.

El segundo paisaje de la llanura aluvial meándrica es la *llanura aluvial abandonada*, la cual constituye la planicie resultante del depósito de aluviones antiguos estratificados que sobreyacen a las rocas continentales (Romo, 1994). Se trata de la llanura formada cuando el río San Pedro estaba unido al Santiago, antes de desembocar al Océano Pacífico. Se separaron dos subpaisajes: llanura alta ligeramente inclinada y superficies de depresión.

La *llanura alta ligeramente inclinada*, incluye una amplia llanura y los antiguos cauces abandonados, que actualmente funcionan como esteros, es conocida por los agricultores como "tierras altas". Está compuesta por una consociación del suelo Cambisol éutrico (pozos 7 y 23), con diferencias significativas en su grado de compactación; se distribuye en ambos márgenes del estero que nace en Peñitas y cruza por Coamiles y Pozo de Ibarra (antiguo cauce del río San Pedro)

Esta unidad no es inundable, es pobre en nitrógeno, con nivel medio de fósforo, alto en bases y capacidad de intercambio catiónico, presenta mediana salinidad y de ligera a fuerte compactación (**Cuadros 5 y 6**); se desarrollan cultivos de riego por aspersion y humedad residual, tales como frijol, sorgo, tabaco virgínia, jícama y hortalizas exóticas con sistemas de riego por goteo en acolchados, el agua para riego es tomada de los esteros o cauces abandonados. Las prácticas de manejo de suelos necesarias son el subsolco para mejorar la permeabilidad; para disminuir la salinidad se proponen lavados, mejoradores de suelos y la aplicación de sales de calcio de baja solubilidad (roca caliza molida).

Las *superficies de depresión* por su nivel de inundación se separaron en el nivel máximo de inundación temporal y la cubeta de decantación; la primera unidad incluye aquellas áreas inundadas durante el temporal de lluvias y con nivel freático superficial, durante los meses de julio a noviembre, es conocida localmente como "tierra barrialosa"; está compuesta por una consociación del suelo Cambisol éutrico (pozo 5), con ciertas características lúvicas por el predominio de arcilla en el subsuelo. La unidad se distribuye en las cercanías de la laguna La Punta y entre el lomerío aislado y el meandro del río cercano a Peñitas. La segunda unidad abarca aquellas áreas inundadas de manera permanente o casi permanente, conocida localmente como laguna "La Punta"; en sus intermediciones se identificó el suelo Luvisol gleyico. Sólo la "tierra barrialosa" tiene uso agrícola, con sorgo y frijol. Presenta alta susceptibilidad de inundación, mediana acidez (pH 6.0), es pobre en nitrógeno y tiene alta capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables (**Cuadros 5 y 6**). Las principales limitantes identificadas para el uso agrícola es la baja permeabilidad por compactación, problemas de manejo por el tipo de textura arcillosa y la permanencia del manto freático hasta el mes de noviembre; las actividades de manejo necesarias son la adición de materia orgánica a los suelos y subsolcos profundos (80 cm).

La **llanura aluvial de desborde y fluvio-deltaica** corresponde al tercer gran paisaje clasificado para el municipio de Tuxpan, incluye dos paisajes: la *llanura aluvial media de desborde* y la *llanura aluvial baja con influencia fluvio-marina*. La primera, se trata de una llanura a partir de la cual el río San Pedro se desborda en avenidas extraordinarias, es muy dinámica y da origen a una gran diversidad de geoformas; se separaron seis subpaisajes.

*Llanura de inundación ordinaria con obras de regulación de cauces*, se localiza en forma longitudinal al cauce del río San Pedro, limitada por los bordos de protección de avenidas, la unidad está compuesta por una consociación del suelo Fluvisol distríco muy arenoso (pozo 13), presenta muy alta susceptibilidad de inundación, textura arenosa, ligera salinidad, es pobre en nitrógeno y fósforo, con alto nivel de bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico (**Cuadros 5 y 6**). Se desarrollan cultivos de humedad residual (frijol) y riego (tabaco burley); sin embargo, los tipos de utilización de la tierra más convenientes (por el riesgo de inundación) son el establecimiento de praderas de riego y el cultivo de especies forestales.

*Llanura aluvial media*, comprende el manto de desborde cuando el río San Pedro alcanza gastos superiores a los 1 500 m<sup>3</sup>/seg (véase mapa de riesgo a inundaciones, anexo), en esta unidad se localiza la cabecera municipal de Tuxpan; se le identificó como "llanura", la cual está compuesta por una consociación del suelo Fluvisol éutrico, con diferencias significativas en su grado de compactación (pozos 12, 14, 16, 24 y 34). Presenta niveles de muy ligera a mediana alcalinidad (pH 7.2-8.0), pobre en nitrógeno, alta capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables (**Cuadros 5 y 6**). Se desarrollan con buen éxito cultivos de humedad residual y riego, tales como frijol, sorgo, tabaco burley, jitomate, chile, melón, sandía, maíz, jícama y hortalizas exóticas, con sistemas de riego por goteo en acolchados. Las principales limitantes del uso agrícola son la baja permeabilidad por compactación y el riesgo de inundación (en promedio cada 3 a 5 años), las acciones de manejo necesarias son el subsoleo de los primeros 60 cm de profundidad, la adición de mejoradores al suelo (materiales orgánicos) y materiales fertilizantes a base de nitrógeno y fósforo.

*Llanura de desborde de los canales de desfogue*, se trata de diques formados por antiguos brazos de crecida o canales de desfogue del río San Pedro, de los más importantes está el "canal" o estero que pasa por Vicente Guerrero y Pimientillo. Está compuesta por una asociación del suelo Cambisol éutrico y distríco con diferencias significativas en su grado de compactación (pozos 15, 18, 19, 21, 28 y 33).

Las tierras de esta unidad presentan baja susceptibilidad de inundación, se caracterizan por tener de ligera a mediana alcalinidad, sin problemas de sodicidad, pobre en nitrógeno y fósforo y altos niveles de bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico (**Cuadros 5 y 6**). Se desarrollan con éxito cultivos de humedad residual y de riego (por

aspersión y goteo desde el canal o estero), tales como frijol, sorgo, chile, jitomate, melón, sandía y hortalizas exóticas. las actividades de manejo necesarias en los suelos de esta unidad, son el subsoleo profundo (80 cm) para mejorar la permeabilidad, la adición de materiales orgánicos y fertilizantes a base de nitrógeno y fósforo. Para el caso de las tierras de esta unidad que se localizan en el ejido Unión de Corrientes, se hace mediante dragado, es decir, reactivando el flujo de agua en el estero para el regadío.

El cuarto subpaisaje de la llanura de desborde son las *superficies de depresión*, por niveles de inundación se separaron cuatro elementos del paisaje; *a)* superficies de inundación en avenidas excepcionales, *b)* nivel máximo de inundación temporal, *c)* nivel ordinario de inundación y *d)* hoya de decantación.

Las *superficies de inundación en avenidas extraordinarias* son un área de transición entre la llanura de desborde y las superficies de depresión del sistema lagunar estuarino de Mexcaltitán, compuesta por una consociación del suelo Cambisol mólico (pozos 9 y 10), pasa inundada durante el temporal de lluvias, soporta vegetación de selva mediana perenifolia, dominada por *Orbignea cohune*, especie de palma que en su conjunto localmente se le llama "palapar", se encuentra con algunas porciones abiertas a la agricultura, para el cultivo de sorgo principalmente; presenta de ligera a moderada acidez, el contenido de nitrógeno es medio y la capacidad de intercambio catiónico de alta a muy alta, al igual que las bases intercambiables (**Cuadros 5 y 6**). El destino de esta tierra debería ser la conservación con aprovechamiento controlado de las "palapas" (hojas de la palma).

Los otros tres elementos de paisajes se originan entre los brazos de crecidas, se caracterizan por la acumulación temporal o permanente de agua de lluvia y por la alta evapotranspiración durante la estación seca, lo cual provoca la concentración de sales en la superficie; otra fuente de sales es el agua freática de influencia marina (**Cuadros 5 y 6**). En el *nivel máximo de inundación temporal* es más evidente este proceso, debido a que hay menos posibilidad de lavados naturales de sales y éstas quedan aflorando en la superficie del suelo, localmente se le llama "salitre". La unidad está compuesta por una consociación del suelo Fluvisol sálico, con diferencias significativas en su grado de salinidad (pozos 20, 28 y 29). Se distribuye en los alrededores de las lagunas localizadas cerca de La Palma, El Tecomate y Unión de Corrientes.

En el *nivel ordinario de inundación* la concentración de sales en el subsuelo es más elevada, pero en la superficie el pH es medianamente ácido, el suelo presenta rasgos de hidromorfía. Se le identificó como unidad "inundable", la cual está compuesta por una consociación del suelo Stagnosol gleyico, con moteados de color rojizo (pozos 17 y 22).

El uso de las unidades “salitre” e “inundable” está restringido al cultivo de sorgo, el cual presenta manchones sin germinar por los daños ocasionados por el exceso de sales; para reducir el sodio intercambiable se recomienda aplicar productos ácidos o formadores de ácidos (azufre, ácido sulfúrico, sulfatos de fierro o aluminio o combinaciones de cal-azufre) y mejorar las condiciones del drenaje. Por otra parte, se sugiere que el tipo de utilización debería ser el establecimiento de praderas con especies resistentes a la salinidad y sodicidad.

Las *hoyas de decantación* se delimitaron por fotointerpretación, observación visual y descripción de un perfil (pozo 35), localmente se les conoce como “lagunas”, las cuales pasan inundadas la mayor parte del año, se identificó un Luvisol gleyico, generalmente se utilizan para el pastoreo de ganado durante la temporada de secas.

El quinto subpaisaje de la llanura de desborde son *áreas de colmatación de antiguas superficies de depresión*; dicho de otra forma, son antiguas lagunas colmatadas en los últimos 20 años, rellenas por sedimentos frescos. Se separaron dos elementos de paisaje, por un lado, las superficies de inundación ordinaria “antiguas lagunas”, las cuales cuentan con una asociación de suelos Fluvisol éutrico y Cambisol flúvico (pozos 25, 26 y 27); ligeramente ácidos, pobres en fósforo, medios en nitrógeno y alta capacidad de intercambio catiónico y rico en bases (**Cuadros 5 y 6**). Por otro lado, se separaron las porciones altas de la antigua hoya de decantación “tierra dulce”, compuestas por una asociación de los suelos Fluvisol districo y Cambisol flúvico (pozos 30, 31 y 32); medianamente salinos, pobres en nitrógeno y fósforo, rico en bases y alta capacidad de intercambio catiónico.

Ambas unidades presentan alto riesgo de inundación durante los meses de julio a octubre y a partir de noviembre se cultivan con sorgo de humedad residual. Las principales limitantes de uso agrícola son el alto riesgo de inundación, en las superficies de inundación ordinaria pueden encontrarse los depósitos arcillosos en el subsuelo, sólo en estos casos se sugiere el subsoleo profundo (70 cm) para mejorar la permeabilidad y la adición de materiales fertilizantes a base de nitrógeno y fósforo; en las porciones altas de las antiguas hoyas se hace necesario el subsoleo profundo de las tierras (70 cm), a excepción de encontrarse capas de arena muy superficiales, también la adición de sales de calcio de baja solubilidad para disminuir la salinidad, junto con materiales orgánicos y sintéticos a base de nitrógeno y fósforo.

Por último, el sexto subpaisaje de la llanura aluvial de desborde son las *áreas de migración fluvial sin obras de regulación de cauces*, se refiere a las superficies donde el río ha migrado su cauce, dejando grandes cantidades de limos finos a gruesos y capas de arenas, es el punto donde el cauce del río San Pedro pierde su verticalidad y se dispersa hacia los grandes basines. Esta unidad es conocida por los productores con “lamadal” o “tierra lama”, y está compuesta por una consociación del suelo Fluvisol districo (Pozos 8 y 11), presenta ligera

salinidad, es pobre en nitrógeno y fósforo y media capacidad de intercambio catiónico y rica en bases (**Cuadros 5 y 6**); se desarrollan diversos cultivos de humedad residual y riego, tales como tabaco burley, sorgo, frijol, maíz, sandía y melón. Las principales limitantes de uso agrícola son el riesgo de inundación, el tipo de textura arenosa, ligera salinidad y deficiencia de nutrimentos; las actividades necesarias son el continuar los bordos de protección de avenidas y la adición de materiales orgánicos e inorgánicos a base de nitrógeno y fósforo.

El segundo paisaje de la llanura de desborde y fluvio-deltaica es la *llanura aluvial baja con influencia fluvio-marina*, la cual corresponde al sistema lagunar estuarino de Mexcaltitán; se distinguen dos subpaisajes, las marismas y el sistema lagunar con manglar. El primero, se trata de la llanura intermareal, es decir, las áreas sujetas de inundación con agua de mar, desde el nivel máximo durante la época de estiaje hasta el nivel máximo en el temporal de lluvias. Esta unidad "marisma" presenta alto contenido de sales en la superficie, por tanto, no es susceptible de uso agrícola, el tipo de utilización más frecuente es el establecimiento de granjas para el cultivo de camarón. Mientras que el *sistema lagunar con manglar* son áreas permanentemente inundadas, encerradas por flechas litorales y rebordes deltaicos, donde la principal actividad económica es la pesca de camarón y de especies de escama y la explotación de la madera del mangle.

Estas dos últimas unidades fueron delimitadas por fotointerpretación y recorridos de campo. CETENAL (1974) reporta una asociación de suelos Solonchak sódico y Solonchak gleyico.

### Clases de tierras

De acuerdo con el conocimiento tradicional de los campesinos, las 29 unidades de mapeo se agruparon en 7 clases de terrenos: tierras cerriles y lomeríos, altas, zona, semizona, barrialosas, salitrosas y marismas.

Lo anterior corresponde a criterios de zonalidad y a las propiedades intrínsecas de los suelos, que están directamente relacionadas con la calidad y manejo de los mismos. A continuación se describen.

#### "Tierras cerriles y lomeríos"

Se trata de los suelos desarrollados en los Cerros de Peñitas y Coamiles y los lomeríos que rodean a estas estructuras aisladas. Se caracterizan por presentar suelos delgados, duros, ricos en materia orgánica, desarrollados en pendientes ligeras a fuertes, con alta pedregosidad. Soportan vegetación de selva baja y mediana, con cultivos de pastos y maíz en condiciones de temporal.

El perfil representativo es el pozo 4, localizado en el ejido Coamiles (12 msnm), se trata de un Regozol districo desarrollado en la parte más alta de lomerios con origen de conglomerados andesíticos; moderadamente compactado, bien drenado, profundidad efectiva de 35 cm, profundidad del manto freático mayor a 100 cm, con régimen hipertérmico del suelo, régimen de humedad ústico, no disponibilidad de agua para riego, reacción del suelo ligeramente ácido.

Horizonte superficial de 35 cm, no arado, de color pardo oscuro, amarillento en seco y en húmedo, franco arenoso (54% arena, 24% limo y 22% arcilla), presenta estructura de bloques subangulares media y moderada; ligeramente duro, friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico.

Las propiedades químicas más comunes son un pH de 6.0, carbón orgánico 1.72% (0.14% de nitrógeno total), capacidad de intercambio catiónico de 19.0 meq/100 g y la ECe de 0.2 dS/cm.

### “Tierras altas”

Son tierras duras, no las baña el río, presentan algunos problemas de manejo, pero los terrones se pueden desmoronar con el paso de arados y discos; se localizan en las cercanías de El Tamarindo y Coamiles. Los suelos muestreados se clasificaron como Cambisoles éutricos (pozos 1, 5, 7 y 23).

En el perfil 7 se muestran las principales características de la unidad, está localizado en el ejido Tuxpan (7 msnm), suelo Cambisol éutrico desarrollado a partir de los sedimentos del antiguo cauce del río San Pedro, en la llanura aluvial abandonada, ligeramente compactado, bien drenado, profundidad del manto freático a 120 cm, régimen hipertérmico del suelo, régimen de humedad del suelo ústico, no disponibilidad de agua para riego, ligeramente alcalino en los primeros 35 cm, medianamente alcalino entre los 35 y 46 cm, a partir de donde se vuelve muy ligeramente alcalino, con uso agrícola (frijol de ciclo otoño-invierno, sembrado durante la primera quincena de noviembre y para cosecharse en febrero).

La profundidad explorada fue de 120 cm, el perfil presenta un horizonte superficial perturbado de 35 cm, pardo claro en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (17% arena, 60% limo y 23% arcilla), estructura en bloques subangulares media, moderada, ligeramente dura y firme.

El horizonte subsuperficial tiene 45 cm de espesor, dividido en tres partes (Bw11, Bw12 y Bw13), es de color pardo claro en seco y pardo oscuro en húmedo, de franco limoso a franco arcilloso limoso (de 27 a 31% de arcilla), con estructura de bloques subangulares media, moderada, ligeramente dura y firme.

Presenta un horizonte de transición BwC de 40 cm de espesor (80-120 cm), rosa en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (14% arcilla), con estructura en bloques subangulares media, moderada, blando y friable

Las propiedades químicas más comunes son un pH de 7.4 en el horizonte superficial y aumenta a 8.0 entre 35 y 46 cm, y vuelve a disminuir regularmente a 7.1 con la profundidad, el contenido de carbón orgánico disminuye en forma regular de 1.03 a 0.10%, la capacidad de intercambio catiónico va de 26 a 33 meq/100 g en los primeros 60 cm del perfil y la proporción de carbonatos totales es de 0.5% y disminuye a 0.2% en el subsuelo, ECa de 4.3 dS/cm.

Rango de variación de las características de los pozos 1, 5, 7 y 23

Horizonte	Profundidad	Textura	% Arcilla	Color en seco
Ap	0-25/35	Franco limoso a Franco arcilloso	20-29	Pardo claro a Gris pardusco
Bw11	25/35-46/60	Franco a franco arcillo limoso	24-33	Pardo claro a Gris pardusco
Bw12	46/60-60/75	Franco limoso	27-31	Pardo claro
Bw13	60/75-80/100	Franco a franco arcillo limoso	24-31	Pardo claro
BwC	80/100-120	Franco limoso	14	Pardo

### "Tierras zona"

Se les llama "tierras zona" a las que baña el río varias veces, todos los años; se caracterizan por presentar textura arenosa y por presentar alto riesgo de inundación. Se localizan a lo largo del cauce del río y en las antiguas superficies de depresión que están siendo rellenadas por sedimentos frescos, los suelos se clasificaron como Fluvisoles distrícos (pozos 2, 8, 11, 13, 25, 26, 27 y 30) y Cambisoles flúvicos (31 y 32).

El perfil 2 muestra las principales características de esta unidad de tierra, está localizado en el ejido Las Peñitas (8 msnm), suelo Fluvisol distrito desarrollado a partir de depósitos arenosos en el lecho mayor de inundación ordinaria de la llanura meándrica actual del río San Pedro, no compactado, excesivamente drenado, régimen hipertérmico del suelo y régimen de humedad ustico, existe disponibilidad de riego mediante bombeo del canal de estiaje, reacción de suelo ligeramente ácida y cultivado con jitomate.

La profundidad explorada fue hasta los 120 cm, el perfil está compuesto por un horizonte superficial (Ap) arenoso (86% arena), el subsuelo con dos capas (A12 y A13) con 89 y 59% de arena, respectivamente y el material rocoso (R) no consolidado (cantos rodados grandes)

El horizonte superficial es de 30 cm de profundidad, perturbado con paso de arados, pardo en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo, arenoso (86% arena, 10% limo y 4% arcilla), carece de estructura. El subsuelo (30-100 cm) es de color pardo pálido en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo, presenta estructura en bloques subangulares, finos y medios, blandos, friables y no plásticos, ni adherentes.

Las propiedades químicas más comunes son un pH de 6.4 que disminuye a 6.1 con la profundidad, carbón orgánico de 0.83%, fósforo disponible en 5 ppm que disminuye a 2 ppm en el subsuelo, capacidad de intercambio catiónico del horizonte superficial de 17.3 meq/100 g, ECe de 0.3 dS/cm y carbonatos totales en 0.1%.

### “Tierras semizona”

Son tierras que el río baña de cada 2 a 5 años; son suelos manejables de textura franco limosa, profundos, ricos en materia orgánica y sin salitre. Los suelos muestreados fueron clasificados como Fluvisoles éutricos (pozos 3, 12, 14, 16, 24 y 34).

Rango de variación de las características de los pozos 2, 11, 13, 25, 27, 30 y 31

Hte	Profundidad	Textura	% Arcilla	Color seco
Ap	0-20/35	Areno francoso a Franco	4-27	Pardo a Gris rosado
C1	20/35-40/60	Arenoso a Franco arenoso	2-8	Pardo pálido a Gris rosado
C2	40/60-60/105	Areno francoso a Franco arenoso	1-33	Pardo pálido a Gris rosado
C3	60/105-100/120	Areno francoso a Franco arcilloso	11-34	Gris rosado

En el perfil 3 se describen las principales características de esta unidad, el pozo está localizado en el ejido Las Peñitas (12 msnm), suelo Fluvisol éutrico originado a partir de depósitos aluviales en el lecho de inundación extraordinario del río San Pedro, no compactado, bien drenado, manto freático superior a 140 cm de profundidad, régimen hipertérmico del suelo, régimen ústico de humedad del suelo, disponibilidad de agua para riego por bombeo desde el canal de estiaje, reacción del suelo medianamente ácido y con uso agrícola (terreno preparado para plantar tabaco burley).

La profundidad explorada fue de 145 cm, se identificaron 4 horizontes, el superficial tiene 30 cm, es de color pardo amarillento en seco y pardo muy oscuro en húmedo, perturbado por paso de arado, franco (41% arena, 48% limo y 11% arcilla), presenta estructura en bloques subangulares media, débil, blanda, muy friable, ligeramente adherente y ligeramente plástica. La siguiente capa de 10 cm de espesor (A12) es de color pardo grisáceo en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, franco (41% arena, 44% limo y 12% arcilla), conserva las mismas características de estructura y plasticidad que en la superficie.

En los dos horizontes restantes existe un aumento en el contenido de arcilla (23 y 28%, respectivamente) y el color pasa de pardo a pardo amarillento, evidencias que suponen una tendencia a ser B cámbico.

Las propiedades químicas más sobresalientes son un pH de 5.8 en la superficie que aumenta regularmente a 6.1 con la profundidad, el contenido de carbón orgánico varía de 1.85 a 3.60% en forma irregular, los valores más altos se presentan en el horizonte superficial, el fósforo disponible es de 8 ppm y aumenta hasta 16 ppm en el subsuelo, la capacidad de intercambio catiónico aumenta con la profundidad de 33.0 a 35.7 meq/100 g, ECa de 0.5 dS/cm y carbonatos totales en 0.2%.

Rango de variación de las características de los pozos 3, 12, 14, 16, 24 y 34

Horizonte	Profundidad	Textura	% Arcilla	Color en seco
Ap	0-18/30	Franco arenoso a Franco arcillo arenoso	11-22	Pardo claro a Gris rosado
A12	18/30-30/50	Franco arenoso a Franco arcillo arenoso	12-21	Pardo claro a Gris rosado
A13	30/50-55/95	Franco limoso a Franco arcilloso	14-30	Pardo a Gris rosado
C1	55/80-95/105	Franco limoso a Franco arcillo arenoso	11-29	Gris rosado
C2	95/105-145	Arenoso a	10-22	Gris rosado

### “Tierras barrialosas”

Son tierras duras, ocasionalmente las baña el río, presentan algunos problemas de manejo, pero los terrones se pueden desmoronar con el paso de arados y discos. se localizan en las cercanías del “palapar” (bosque tropical subcaducifolio) próximo al poblado de Tuxpan y en las orillas del estero o canal que inicia en San Vicente hasta Pimientillo. Los suelos muestreados se clasificaron como Cambisoles éutricos (pozos 9, 10, 15, 18, 19 y 21).

En el perfil 21 se muestran las principales características de esta clase de tierra, está localizado en la parcela escolar del ejido Unión de Corrientes (2 msnm) suelo Cambisol éutrico desarrollado a partir de depósitos aluviales en los diques de los canales de desfogue o antiguos canales de crecidas, ligeramente compactado, imperfectamente drenado, profundidad del manto freático mayor a 100 cm, régimen hipertérmico del suelo, régimen de humedad del suelo ústico, medianamente alcalino hasta los 130 cm, no disponibilidad de agua para riego (esto sería posible activando una vena del antiguo hazo de crecida), con uso agrícola (en el ciclo anterior se sembró sorgo y se obtuvo un promedio de 3 ton/ha).

La profundidad explorada fue de 130 cm, el perfil está compuesto por un horizonte superficial perturbado de 25 cm de espesor, gris rosado en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (19% arena, 55% limo y 26% arcilla), estructura en bloques subangulares media y gruesa, moderada, dura, muy firme, adherente y plástica.

El horizonte subsuperficial (Bw11) de 25 a 37 cm, es de color gris rosado en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (27% arcilla), estructura en bloques subangulares gruesa, moderada, muy dura, muy firme, adherente y plástica. En el resto del perfil (37-130 cm) disminuye el contenido de arcilla hasta 12%, la estructura es débil, ligeramente dura y muy friable, ligeramente adherente y ligera plasticidad.

Dentro de las propiedades químicas más comunes está el pH entre 7.8 y 8.0, el contenido de carbón orgánico que disminuye con la profundidad de 0.73 a 0.28%, el fósforo disponible en 12 ppm se reduce a 1 ppm en el subsuelo, la capacidad de intercambio catiónico es de 23.5 meq/100 g, la ECa de 0.9 dS/cm en la superficie y baja a 0.3 dS/cm a 75 cm, los carbonatos totales corresponden a 0.2%.

## Rango de variación de las características de los pozos 9, 10, 15, 18, 19 y 21

Horizonte	Profundidad	Textura	% Arcilla	Color en seco
Ap	0-25/30	Franco limoso a Arcillo limoso	22-37	Pardo claro a Gris rosado
Bw11	25/30-35/65	Franco a Franco limoso	26-39	Pardo oscuro a Gris rosado
Bw12	35/65-70/95	Franco limoso a Franco arcilloso	22-46	Pardo oscuro a Gris rosado
Bw13	70/95-95/130	Limoso a franco arcillo limoso	14-34	Pardo oscuro a Gris rosado
BwC	95/130-130/155	Franco arenoso a Franco limoso	26	Pardo a Pardo claro

## "Tierras salitrosas"

Son tierras próximas a lagunas y a las superficies dentro de las lagunas que en temporada de secas no están cubiertas por agua, presentan diferentes características de acuerdo con la distancia al cuerpo de agua, las más cercanas son las "tierras barrial", seguido de las "tierras chiltosas" y finalmente de las "tierras salitre", todas con altos niveles de salinidad.

Las "tierras barrial" contienen alto contenido de arcilla, son de colores grises y presentan serios problemas de manejo, dado que forman terrones que son difíciles de desmoronar con el paso de arados y discos, son suelos ácidos en la superficie y extremadamente salinos en el horizonte subsuperficial. Los suelos muestreados se clasificaron como Cambisoles éutricos (pozo 33) y Luvisoles gleyicos (pozo 35).

Las "tierras chiltosas" tienen alto contenido de limos finos, son de color pardo rojizo y presentan serios problemas de manejo. Los suelos analizados se clasificaron como Stagnosoles gleyicos (pozos 17 y 22).

Las "tierras salitre" son las más alejadas de los cuerpos de agua, reciben este nombre porque hay afloramiento de "salitre" en la superficie del suelo, son suelos franco limosos con alta proporción de sales en la superficie que disminuye con la profundidad. Los suelos identificados fueron clasificados como Fluvisoles sálicos (pozos 20, 28 y 29).

En el perfil 35 se muestran las principales características de las "tierras barrial", está localizado en el ejido Palma Grande (1 msnm), suelo Luvisol gleyico desarrollado a partir de sedimentos aluviales finos, decantados en las superficies más bajas de las superficies deprimidas y por la iluviación de los minerales arcillosos; se encuentra inundado casi todo el año, compactado, drenaje deficiente, régimen hipertérmico del suelo, régimen de humedad

acuico, medianamente ácido en los primeros 15 cm y muy fuertemente alcalino de 15-40 cm, con uso actual del suelo de agostadero.

La profundidad explorada fue de 40 cm, el perfil se compone de un horizonte A ócrico de 15 cm, pardo en seco y pardo oscuro en húmedo, limoso (40% arena, 34% limo y 26% arcilla), estructura en bloques subangulares gruesa, de moderada a fuerte; muy dura, muy firme, muy adherente y muy plástica. Los siguientes 25 cm de espesor se tratan de un B argílico (Bt) pardo en seco y pardo oscuro en húmedo, arcillo limoso (41% arcilla), estructura en bloques subangulares muy gruesa, fuerte; muy dura, muy firme, muy adherente y muy plástica.

Las propiedades químicas más comunes de este perfil son un pH de 5.9 en el horizonte superficial y 9.0 en el subsuelo, el contenido de carbón orgánico disminuye de 1.50 a 0.39%, el fósforo disponible de 17-18 ppm, capacidad de intercambio catiónico de 33.0 meq/100 g en la superficie y 39.5 meq/100 g en el subsuelo.

Rango de variación de las características de los pozos 33 y 35

Horizonte	Profundidad	Textura	% Arcilla	Color en seco
Ap	0-15/20	Limoso a Arcilloso	26-44	Pardo a Gris rosado
Bw11, Bt	15/20-40	Franco arcilloso a Arcillo limoso	36-41	Pardo a Gris rosado
Bw12	40/65	Franco arcillo limoso	41	Gris rosado
BwC	65/95	Franco arenoso	13	Gris rosado
C	95-155	Franco limoso	21	Gris rosado

En el perfil 17 se muestran las principales características de las "tierras chiltosas", está localizado en el ejido Palma Grande, a unos 100 m al sur de El Tecomate (2 msnm), suelo Stagnosol gleyico desarrollado por intemperismo *in situ* a partir de depósitos fluviales finos, se ubica en el nivel de inundación ordinario de las lagunas y presenta moteados rojizos por los procesos de óxido-reducción, ligeramente compactado, drenaje interno deficiente, profundidad del manto freático muy superficial, se inunda de 5 a 7 meses cada año, régimen hipertérmico del suelo, régimen de humedad acuico, no disponibilidad de agua para riego, fuertemente ácido en los primeros 15 cm y ligeramente ácido en el resto del perfil, con uso agrícola (preparación del terreno para sorgo).

La profundidad explorada fue de 110 cm, el perfil se compone de un horizonte superficial perturbado y un B cámbico con propiedades estagnicas. El Ap (0-15 cm) es de color gris rosado en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (22% arena, 74% limo y 4% arcilla), estructura en bloques subangulares fina a gruesa, moderada; dura, firme, ligeramente adherente y ligera plasticidad. Los siguientes dos horizontes (Bw11c y Bw12c) presentan manchas de color rojizo, pardo claro en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (22% arcilla), estructura en bloques subangulares gruesa, moderada; dura, firme, adherente y plástica.

A la profundidad de 65 a 70 cm se encontró una capa de arena de color amarillento (C1); seguido hasta los 110 cm por un C2, gris rosado en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (29% arcilla), estructura en bloques subangulares gruesa, moderada; ligeramente dura, friable, adherente y ligeramente plástica.

Dentro de las propiedades más comunes está un pH de 5.3 en el horizonte superficial y 6.4 en el resto del perfil, carbón orgánico que disminuye en forma regular de 2.35 a 1.35%, capacidad de intercambio catiónico de 33.2 a 35.2 meq/100 g, ECa de 38.4 dS/cm en la superficie y disminuye a 11.2 dS/cm a los 15 cm, carbonatos totales en un 0.2%.

Rango de variación de las características de los pozos 17 y 22

Horizonte	Profundidad	Textura	% Arcilla	Color en seco
Ap	0-15	Franco limoso	4-12	Pardo a Gris rosado
Bw11	15/45	Franco limoso a Arcillo limoso	22-40	Pardo claro a Gris rosado
Bw12	45/65-85	Franco arenoso a Franco limoso	13-21	Pardo claro a Gris rosado
C	65-85/110-130	Franco limoso a Franco arcillo limoso	29-38	Gris rosado

En el perfil 29 se presentan las principales características de las "tierras salitre", está localizado en el ejido Palma Grande (2 msnm), suelo Fluvisol sálico formado por depósitos aluviales que en la actualidad han formado grandes basines, en este caso se trata de superficies de inundación en avenidas excepcionales dentro de los basines, con niveles freáticos muy superficiales; no compactado, bien drenado, régimen hipertérmico del suelo, régimen de humedad ústico, muy fuertemente alcalino en los primeros 10 cm y extremadamente alcalino en el resto del perfil, generalmente no se riega, sin embargo, es posible el riego por bombeo desde el brazo de crecida; presenta uso agrícola (sorgo).

La profundidad explorada fue de 110 cm, el perfil muestra un horizonte superficial A perturbado de 10 cm, pardo claro en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (21% arena, 58% limo y 21% arcilla). estructura en bloques subangulares fina, muy débil, blanda, muy friable, ligeramente adherente y ligera plasticidad. El resto del perfil (10-110 cm) es de color gris rosado en seco y pardo oscuro en húmedo, franco limoso (20% arcilla) de 10 a 40 cm y limoso (14% arcilla) de 40 a 75 cm; la estructura sigue siendo fina, muy débil, blanda y muy friable con la profundidad

Las propiedades químicas más comunes son un pH de 8.8 en los primeros 10 cm y que aumenta de 10.1 a 10.5 en el resto del perfil, el contenido de carbón orgánico decrece hasta los 75 cm de 0.65 a 0.37%, la capacidad de intercambio catiónico aumenta regularmente con la profundidad de 21.6 a 39.7 meq/100 g, la ECa es de 76 dS/cm, el contenido de carbonatos totales es de 0.3%.

Rango de variación de las características de los pozos 20, 28 y 29

Horizonte	Profundidad	Textura	% Arcilla	Color en seco
Ap	0-10/25	Franco limoso	5-21	Pardo a Pardo claro
A12	10/25-40/50	Franco limoso a Franco	19-21	Gris rosado
A13	40/50-75	Franco limoso a Limoso	14-22	Gris rosado
A14	75-110/130	Franco limoso a Franco arenoso	10-27	Gris rosado

### “Tierras de marismas”

Se trata de las tierras que tienen influencia directa de agua del mar, a través del sistema lagunar estuarino de Mexcaltitán, son superficies inundadas generalmente durante los meses de julio a enero, crece sólo vegetación halófila y especies de mangle adaptadas a la dinámica de este sistema.

### Conclusiones

En el municipio de Tuxpan, Nayarit se delimitaron 20 unidades de mapeo de suelos (14 consociaciones y 6 asociaciones), con un total de 30 692 ha estudiadas.

Los suelos estudiados fueron clasificados como Cambisoles éutricos, flúvicos y mólicos, seguidos por los Fluvisoles éutricos, distrícos y sálicos, Solonchaks sódicos y gleyicos, Stagnosoles gleyicos, Regosoles éutricos, Leptosoles éutricos y Feozems háplicos (**Cuadro 4**).

Desde el punto de vista de la tolerancia de las plantas a la salinidad, los terrenos de la zona en estudio se clasificaron en no salinos (10 722 ha), ligeramente salinos (1 705 ha), moderadamente salinos (3 553 ha), fuertemente salinos (1 353 ha) y con extrema salinidad (4 135 ha), además de 9 667 ha no estudiadas, de las cuales 873 ha por bibliografía se suman a los no salinos y 8 783 ha a los extremadamente salinos (**Cuadro 5**).

Se identificaron 11 075 ha de suelos sin problemas de salinidad (no salinos y no sódicos), 4 461 ha de salinos, 4 135 de salino-sódicos y 9 667 ha que no fueron estudiadas, pero según la bibliografía 873 ha se suman a los suelos normales y 8 784 a los salino-sódicos (**Cuadro 5**).

Se identificó que la mayoría de las unidades de mapeo de suelos son pobres en nitrógeno total (N) y fósforo disponible (P), mientras que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y los cationes intercambiables (Ca, Mg y K) se encuentran en niveles generalmente altos (**Cuadro 6**).

Los principales problemas identificados en el manejo agrícola de los suelos estudiados del municipio de Tuxpan, son la permeabilidad por compactación de suelos, acidez, salinidad y niveles altos de sodio intercambiable. Para la compactación se sugiere subsuelos y la adición de materiales orgánicos, para la acidez la adición de cal, para disminuir la salinidad se proponen lavados y la aplicación de sales de calcio de baja solubilidad (roza caliza molida), para reducir el sodio intercambiable se recomienda aplicar productos ácidos o formadores de ácidos (azufre, ácido sulfúrico, sulfatos de hierro o aluminio o combinaciones de cal-azufre) y mejorar las condiciones del drenaje. Por otra parte, se hace necesaria la adición de nitrógeno y fósforo al suelo en cantidades elevadas, de acuerdo con los requerimientos de cada tipo de utilización de la tierra.

Con los resultados obtenidos se pueden obtener recomendaciones específicas de manejo de suelos y recomendaciones generales para la aplicación de fertilizantes a cultivos específicos; se hace necesario experimentar la respuesta de las plantas en las diferentes unidades de mapeo de suelos identificadas.

## Referencias

- CETENAL (1974a), Carta geológica, escala 1:50 000, hojas F13-C18 y F13-C19, México.
- CETENAL (1974b), Carta uso de suelo y vegetación, escala 1:50 000, hojas F13-C18 y F13-C19, México.
- CETENAL (1974), Carta edafológica, escala 1:50 000, hojas F13-C18 y F-13-C19, México.
- CNA-SARH (1960), Estudio agrológico del distrito de riego del río San Pedro, Nayarit, pp. 1-66.
- CSTPA (1980), Council on soil testing and plant analysis, Handbook on reference methods for soil testing, Athens, Georgia.
- Cuanalo de la C., H. (1990), *Manual para la descripción de perfiles en el campo*, 3a. ed., CP, Chapingo, México, pp. 13-40.
- Curry, J. R., J. Emmel y P. J. S. Crampton (1969), "Holocene History of Strand Plain, Lagoonal Coast, Nayarit, Mexico", *Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras*, UNAM-UNESCO, nov. 28-30, 1967, México, pp. 63-100.
- Elbersen G., W. W., S. T. Benavides y P. J. Botero (1974), *Metodología para levantamientos edafológicos (especificaciones y manual de procedimiento)*, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Bogotá, Colombia, pp. 34-42.
- Étchevers, B. J. D., W. G. Espinoza y E. Riquelme (1971), *Manual de fertilidad y fertilizantes*, 2a. ed. correg., Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- INEGI (1991), Nayarit, Resultados definitivos del XI Censo General de Población y Vivienda, 1990, Aguascalientes, México, pp. 1-62.
- INEGI (1994), Nayarit, Resultados definitivos del VII Censo Agrícola Ganadero. México, pp. 1-20.
- INEGI (1996), Censo de Población y Vivienda 1995, Aguascalientes, México, pp. 1-22.
- Ortiz, H. L., E. Sánchez y M. E. Gutiérrez (1993), *Análisis de suelos, fundamentos y técnicas*, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, Parte I, pp. 35-97, Parte II, pp. 1-102.
- Ortiz P., M. A. (1979), "Fotointerpretación geomorfológica del curso bajo del río Grande de Santiago, Nayarit", *Boletín*, núm. 9, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 65-92.

- Ortiz P., M. A., J. J. Zamorano y R. Bonifaz (1993), "Reconocimiento morfotectónico de una falla reciente de tipo transcurrente en Colima, México". *Geofísica Internacional*, vol. 32, núm. 4, pp. 569-574.
- Ortiz S., C. A., D. Pájaro H. y V. M. Ordáz (1990), *Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas*, Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Montecillo, México, pp. 31-36.
- Richards, L. A. (1990), Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos, traducción al español por Sánchez *et al.*, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México, pp. 1-58.
- Romo, A. L. (1994), Geomorfología de la llanura de inundación del río San Pedro, Nayarit, tesis de licenciatura (Geografía), Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, pp. 11-33.
- SARH (1969), *Estudio agrologico detallado del proyecto Coamiles, municipio de Tuxpan, Nayarit*, México, pp. 5-15.
- SARH (1972), *Estudio agrologico detallado del proyecto Coamiles, municipio de Tuxpan, Nayarit*, México, pp. 3-20.
- Soil Survey Staff (1993), *Soil Survey Manual*, USDA, pp. 20-95.
- Soil Survey Staff (1994), *Keys to Soil Taxonomy*, USDA, 6a. ed., EUA, pp. 45-232.
- Spaargaren, O. C. (ed.) (1994), *World Reference Base for Soil Resources*, ISSS-AISS-IBG, ISRIC and FAO, Wageningen/Rome, pp. 33-152.
- SPP (1981a), Carta estatal de regionalización fisiográfica, escala 1:500 000, Síntesis Geográfica de Nayarit y anexo cartográfico, México.
- SPP (1981b), Carta hidrológica de aguas superficiales, escala 1:250 000, hoja Tepic, F13-8, México.
- SRA (1987), Mapa de catastro rural del municipio de Tuxpan, Nayarit, escala 1:56 000, Tepic, Nayarit, México.
- Tavera, S. G. (1985), Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica, Publicación 3, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación La Laguna, Matamoros, Coahuila, México.
- Téllez, V. O. (1995), Flora, vegetación y fitogeografía de Nayarit, México, tesis de maestría (en Ciencias), UNAM, México, pp. 34-46.

Villota, H y M. C. Forero (1986), *Metodología para levantamientos edafológicos, especificaciones y manual de procedimientos*, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

Villota, H. (1991). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. pp. 151-186