

# PARTICULARIDADES DE FORMACIÓN Y PRINCIPALES SUELOS DE LA LLANURA COSTERA NORTE DEL ESTADO DE NAYARIT, MÉXICO

I. Bojórquez<sup>✉</sup>, O. Nájera, A. Hernández, F. Flores, Areli González, D. García y A. Madueño

**ABSTRACT.** A geographic-genetic study of soils located at the northern coastal plain in Nayarit state was conducted, considering as a reference more than 100 profiles gathered from different studies and classified by the World Reference Base. Results proved that in this region there are seven referential groups of soils. The formation of these soils is related with the fluvio-marine influence as well as the leaching of salts and bases, under a current sub-humid tropical climate. Therefore, it is shown that at the upper and medium fluvial coastal plains, the most common soils are Cambisols, Fluvisols and Phaeozems, with a high base saturation without salts, but with a small exchangeable sodium accumulation (hyposodic); whereas the lower fluvial coastal plain, with marine influence, Cambisols are transitionals with Fluvisols (fluvic Cambisols), and these soils and even Fluvisols are mostly affected by salts (salics) and/or exchangeable sodium (sodic and hyposodic). Today, on the fluvial coastal plain, there are only Fluvisols. The area affected by tides, with marine influence, is representative of the saline soils or Solonchaks; however, in the zone of parallel bars to the coast, there are Arenosols and Regosols. These results will serve as a future base for the agricultural and forestry management of this region, in search for a sustainable agriculture.

*Key words:* coastal plañís, soil genesis, soil classification, Nayarit

## INTRODUCCIÓN

El estado de Nayarit se encuentra situado en la parte noroccidental de la República Mexicana, ocupando una superficie total de 27 951.5 km<sup>2</sup> (Figura 1). Su principal actividad es la agricultura y ganadería, comenzando a desarrollarse también la industria del turismo. En total el territorio nayarita se encuentra repartido de la forma siguiente: tierras de labor (15.9 %); pastizales (14.6 %);

Dr. I. Bojórquez, Director; Ms.C. O. Nájera; Ms.C. F. Flores; Ms.C. Arely González; Dr. D. García y Dr. A. Madueño, Investigadores de la Dirección de Fortalecimiento de la Investigación, Universidad Autónoma de Nayarit, México; Dr. C. A. Hernández, Investigador Titular del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ [bosi@nayar.uan.mx](mailto:bosi@nayar.uan.mx)

**RESUMEN.** Se realizó un enfoque genético geográfico de los suelos de la llanura costera norte del estado de Nayarit, tomando como referencia más de 100 perfiles recopilados de diferentes estudios y clasificados por el *World Reference Base*. Los resultados permiten constatar que en esta región se presentan siete grupos referenciales de suelos. La formación de estos suelos está relacionada con la influencia fluvio-marina y el lavado de las sales y bases, en un clima tropical subhúmedo actual. De esta forma se demuestra que en la llanura fluvial alta y en la mediana, los suelos que predominan son Cambisoles, Fluvisoles y Feozems, saturados en bases, pero sin sales y si acaso con una pequeña acumulación de sodio cambiante (hiposódico); mientras que la llanura fluvial baja con influencia marina, los Cambisoles son transicionales con los Fluvisoles (Cambisoles flúvicos), y estos suelos y los propios Fluvisoles están afectados la mayoría de las veces por sales (sálicos) y/o sodio cambiante (sódico e hiposódico). En la llanura fluvial actual, solamente se presentan Fluvisoles. La zona que está afectada por las mareas, con influencia marina actual es representativa de los suelos salinos o Solonchaks, mientras que en la zona de barras paralelas a la costa se encuentran los Arenosoles y Regosoles. Estos resultados servirán de base en el futuro para el reordenamiento agrícola, pecuario y forestal de la región, en búsqueda de una agricultura sostenible.

*Palabras clave:* llanura costera, génesis del suelo, clasificación de suelos, Nayarit

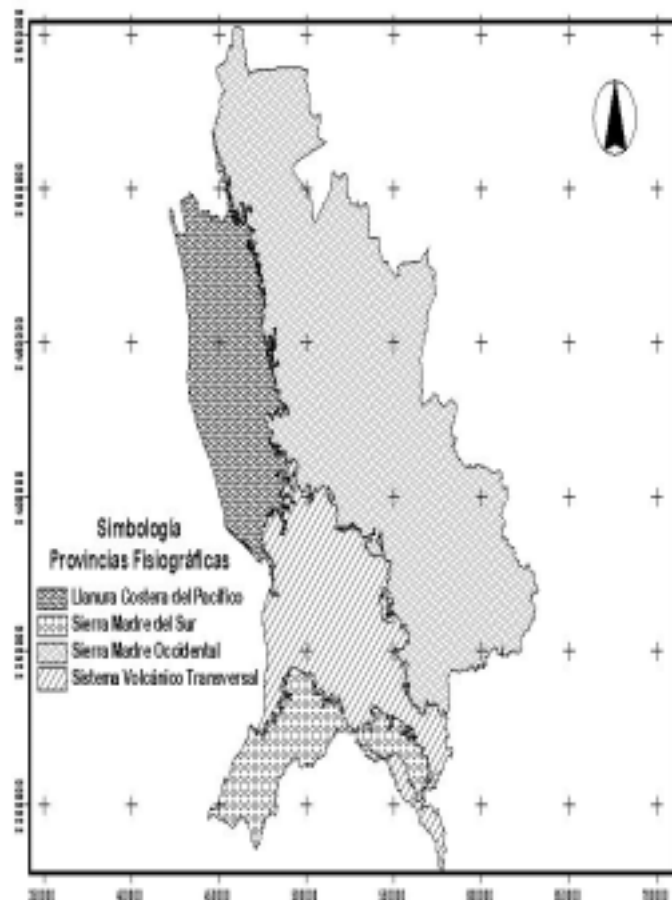
tierras ganaderas (61.2 %); forestales (4.9 %) e impro-ductivas (3.4 %).

La actividad agrícola y ganadera tiene un peso muy marcado en el desarrollo económico de este estado, el cual tiene gran parte del territorio ocupado por áreas montañosas y premontañosas, debido a la presencia de tres grandes macizos: La Sierra Madre Occidental, la terminación del Eje Neovolcánico y, por el sur, se manifiesta la Sierra Madre del Sur.

Los terrenos mayormente agrícolas se encuentran ubicados en las llanuras que se distribuyen principalmente hacia el Océano Pacífico. Precisamente debido a la complejidad orográfica y la dinámica de las acciones fluviales y marinas en la formación de las llanuras, el estado está dividido en cuatro regiones fisiográficas, como se muestra en la Figura 2, que son: Llanura costera del Pacífico, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental y Sistema Volcánico Transversal (Figura 2).



**Figura 1. Localización del estado de Nayarit en la República Mexicana**



**Figura 2. Provincias fisiográficas del estado de Nayarit**

La Llanura Costera es un ecosistema que abarca 418,713 ha, involucra a 236,655 habitantes en 207 localidades de siete municipios, que viven principalmente de la agricultura de cultivos básicos y algunas frutas (mango) y hortalizas (jitomate, chile, sandía y melón); la ganadería de vacunos, pesca ribereña, acuicultura de camarón, explotación del mangle y la vida silvestre y recientemente del turismo en los 150 km de litoral (1).

Por la importancia agrícola-ganadera que representa para el estado nayarita, la Llanura Costera norte es el objeto principal de este trabajo, que tiene como objetivo fundamental exponer la influencia de los factores en la formación de los suelos, así como las características de sus principales unidades de suelos, resultado este que servirá de fundamento para estudios posteriores que logren el reordenamiento agrícola-pecuario de la zona en forma sostenible.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se tomó en cuenta toda la información edafológica y geográfica recopilada de la región (2, 3), durante varios años en la Base de Datos Multilingüe de Perfiles de Suelos (4) y un total de 166 perfiles de suelos georreferenciados, que fueron llevados a un Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcVIEW (5), sobre el fondo de ortofotos aéreas digitales con resolución de 2 m (6).

Como la información recopilada está referida a la clasificación de suelos de la leyenda de la FAO (7), se hizo un trabajo de reclasificar los perfiles aplicando el sistema moderno del World Reference Base (8, 9, 10). Las descripciones de los perfiles se han ajustado a la Guía de la FAO (11), teniendo en cuenta además los principios de Jahn (12).

Adicionalmente, en el 2004 y 2005 se hicieron recorridos de campo, analizando la distribución y las características de los suelos, con toma de puntos con barrena, para separar los paisajes geomorfológicos a partir de los procesos y niveles de llanuras, describiendo la vegetación y condición climática. Cada paisaje fue relacionado en el SIG con los perfiles de suelos georreferenciados, para construir así el análisis de las principales características y propiedades de los suelos por su situación en el paisaje.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, para obtener los objetivos trazados, se presentan las condiciones de formación de los suelos (clima, relieve y geomorfología, material de origen, vegetación y tiempo).

## CONDICIONES DE FORMACIÓN DE LOS SUELOS

*Clima.* Los climas cálidos predominan en el estado de Nayarit y cubren la totalidad de la planicie costera. Se caracterizan por su temperatura media anual mayor de 22°C y su temperatura media mensual más baja superior a 18°C. De acuerdo con su grado de humedad y abundancia se presentan los subtipos:  $Aw_2(w)$ , cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (24.22 %);  $Aw_1(w)$ , cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (20.58 %);  $Aw_0(w)_0$ , cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (15.27 %) y  $Am(w)$ , cálido húmedo con abundantes lluvias en verano.

Considerando los registros de las estaciones climáticas ubicadas dentro y cercanas al área de estudio, y acorde a la clasificación climática Köppen modificada (13), el clima del área de estudio es de tipo cálido, de los tipos cálidos subhúmedos con lluvias en verano (junio, julio, agosto y septiembre).

Se presentan los datos de seis estaciones climáticas en el área de estudio, las variables analizadas (temperatura, precipitación y evaporación) siguen el mismo patrón en su comportamiento. La temperatura promedio anual es de 25.8°C, el régimen térmico más caluroso se registra en junio con 28.9°C en un intervalo de 28.3 a 29.4°C de temperatura promedio.

La precipitación total anual en la zona de estudio es de 1,259.1 mm con una relación directa con la temperatura, tiene su mayor incidencia de lluvias de julio a septiembre en un intervalo de 194.8 a 465.1 mm, siendo agosto donde se presenta la máxima precipitación con 368.0 mm en promedio (14); la temporada de estiaje inicia en noviembre y finaliza en mayo, el mes más seco se presenta en abril con 3.2 mm en promedio, los meses de junio y octubre en este caso son los de transición entre ambas épocas (estiaje y lluvias respectivamente) (Tabla I).

La evaporación total anual excede a la precipitación en un 72 %, la cual registra un total anual promedio de 1,753.3 mm, alcanzando su mayor intensidad en mayo con 209.5 mm en promedio, presenta un incremento de 113.7 mm de diciembre a mayo con un gradiente mensual de 22.8 mm, de mayo a diciembre disminuye con un gradiente menor (16.2 mm) hasta llegar a los 98.8 mm en promedio (Tabla I).

*Relieve.* El origen de la llanura está muy relacionado con las transgresiones marinas ocurridas durante el Cuaternario, a partir del Pleistoceno tardío y durante el Holoceno.

Durante la última glaciación hace aproximadamente 18 000 años, se tuvo una elevación del nivel marino que cubrió toda esta llanura (15, 16). Ya en el Pleistoceno tardío y comienzos del Holoceno se mantiene esta situación, hasta que hace 4750-3600 años comienza un cambio del litoral, conjuntamente con los movimientos neotectónicos de levantamiento del relieve. Es a partir de este momento que tiene lugar un comportamiento regresivo del mar, fenómeno que perdura hasta estos momentos.

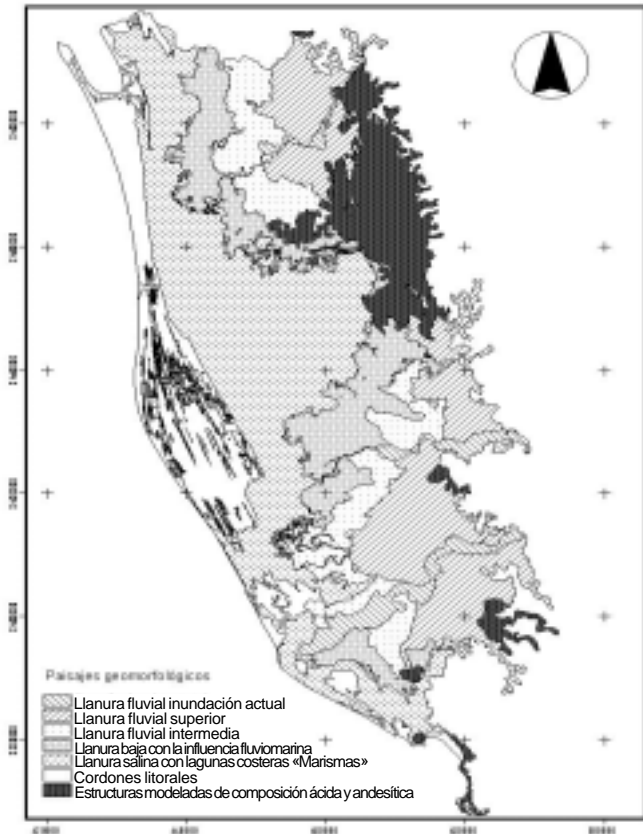
Debido a las transgresiones y regresiones del mar, en el Pleistoceno tardío, en los períodos de bajos niveles del mar, los ríos edificaron un vasto y complejo sistema deltaico sobre lo que hoy es gran parte de la plataforma continental correspondiente al estado de Nayarit, lo cual hace aún más compleja la interpretación de la influencia de los factores de formación de suelos en relación con los diferentes grupos y unidades de suelos que se presentan en la región.

Esta Llanura Costera del Pacífico en la parte de Nayarit, fisiográficamente presenta la Subprovincia del Delta del Río Grande de Santiago, la cual involucra tres sistemas de topoformas (17): la llanura deltaica, marismas con lagunas costeras y las barras paralelas de antiguas líneas de costa.

**Tabla I. Datos promedio del comportamiento del clima (temperatura, precipitación y evaporación)**

Estadístico	Temperatura											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	21.9	22.2	23.0	24.5	26.5	28.9	28.5	28.4	28.5	28.0	25.5	23.2
Desviación estándar	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8
Mínimo	20.2	20.5	21.2	22.7	24.4	28.3	27.9	27.8	28.0	27.6	24.9	21.8
Máximo	23.1	23.5	24.4	25.4	27.5	29.4	29.1	29.2	29.1	29.0	26.4	24.1
	Precipitación											
Promedio	25.6	10.2	5.1	3.2	3.9	106.6	313.3	368.0	286.6	89.4	26.9	20.2
Desviación estándar	11.8	4.3	2.7	2.1	3.3	28.9	66.7	56.9	64.9	9.9	7.1	8.1
Mínimo	6.6	1.8	1.6	1.0	0.0	56.3	222.5	320.5	194.8	80.6	20.4	5.1
Máximo	42.9	13.6	7.6	5.8	8.2	135.6	382.8	465.1	371.8	106.1	38.7	28.5
	Evaporación											
Promedio	97.8	107.8	152.0	177.4	209.5	200.2	167.9	159.3	138.4	134.4	112.7	95.8
Desviación estándar	8.7	12.3	20.3	26.2	27.2	18.4	7.8	5.5	13.8	12.5	8.6	14.2
Mínimo	86.5	92.1	122.2	143.1	172.7	165.1	159.4	151.3	118.1	122.5	101.9	77.7
Máximo	108.4	126.0	178.6	207.6	237.3	215.5	179.2	164.6	159.2	158.4	125.3	111.4

La llanura deltaica está integrada por planicies constituidas por material aluvial, ubicadas a lo largo de los sistemas fluviales de los ríos, al norte, Acaponeta, al centro la de los ríos Bejuco y San Pedro, y al centro sur la del río Santiago. La presencia de procesos dinámicos se manifiesta en la erosión (en el cauce) y acumulación a lo largo de la llanura de inundación (terrazas y diques). Presenta cuatro paisajes principales (Figura 3):



**Figura 3. Paisajes geomorfológicos de la Llanura Costera de Nayarit**

- La llanura fluvial superior comprende terrazas antiguas que ya no están sometidas a la acción periódica fluvial, se encuentra en las alturas de 10 a 20 m y se pueden ubicar principalmente en la parte inicial de los abanicos deltaicos de los ríos formando extensas planicies.
- La llanura fluvial intermedia constituye en general el segundo nivel de terraza fluvial, a partir de la cual los ríos se desbordan en avenidas extraordinarias, lo que tiene lugar la influencia fluvial, se encuentra en alturas de 5 a 10 m.
- La llanura fluvial baja con influencia marina corresponde a una zona de transición entre el sistema continental y el marino, presenta inundación temporal por influencia fluvial de los ríos, e influencia del mar por efecto de marea por los brazos de crecida (esteros) o de manera freática.
- La llanura fluvial de inundación actual se encuentra en los cauces fluviales actuales con Fluvisoles sometidos

al a acción de la inundación sistemática de los ríos Santiago, San Pedro y Acaponeta, comprende varios niveles de terrazas que están expuestas a fuertes procesos de erosión de los taludes y de depositación de materiales fluviales.

Además de este sistema de llanuras, se tiene los paisajes geomorfológicos de las marismas con lagunas costeras y el sistema de barras costeras paralelas.

➔ **Marismas con lagunas costeras.** Corresponde a las llanuras que presentan influencia de agua de marea, las cuales se forman con las corrientes marinas que fluyen hacia adentro o afuera de los estuarios y lagunas, a través de pasos o bocanadas (canales de marea), que con gran fuerza y rapidez socavan las aberturas, lo que permite mantenerlas libres de rellenos arenosos. Por otro lado, las corrientes de marea llevan en suspensión una carga abundante de materiales finos, que más tarde se colmatan en las lagunas dando lugar a planicies de lodo o fango que quedan al descubierto en bajamar y cubiertas en pleamar. Las geoformas que se identificaron son planicies con influencia de inundación mareal ordinaria (baja) y extraordinaria (mareas altas), canales y esteros mixtos, lagunas costeras e islas.

➔ **Barras costeras.** Corresponde a un paisaje de acumulación marina, formado a partir de los sedimentos que llegan al mar aportados por los ríos, los cuales transportan las arenas y demás sedimentos en suspensión hasta formar un depósito alargado a manera de camellón, que se extiende paralelo a la costa por varios kilómetros; depósitos que en esta zona han obstruido parcialmente la salida directa al mar de los escurrimientos de los ríos, encerrando parte de los escurrimientos de la costa para formar de esa manera grandes sistemas lagunarios (Agua Brava, Mexcaltitán y San Blas). Las geoformas resultado de este proceso son barras paralelas, la playa y dunas costeras.

*Material de origen.* El material de origen está representado por sedimentos, ya sean fluviales y/o marinos. El carácter de estos está en dependencia del tipo de roca y corteza de intemperismo que se desarrolla en los relieves más altos, de las sierras y del carácter arenoso de los depósitos marinos.

Para la zona centro-sur, el material de las partes altas está constituido en general por cortezas de intemperismo de color café rojizo a rojo, que cuando son sedimentados en el llano, le imparten cierto tono rosado a rojizo al suelo. También se tienen materiales de origen volcánico (cenizas y pómez) y otros minerales como la mica.

*Vegetación.* En la llanura costera existen cinco tipos de vegetación (18):

1. *La selva baja caducifolia y espinosa.* Las comunidades de selva baja espinosa y selva baja caducifolia conforman un grupo que comparten 88 especies de 100 que conjuntan ambas comunidades, con una extensión de 597.87 ha y 658.71 ha, respectivamente en la zona de

estudio. Este grupo de comunidades forma una franja a lo largo de la barra arenosa. Cabe mencionar que la comunidad de selva baja espinosa en el área de estudio se encuentra mayormente perturbada por estas actividades antrópicas, lo que origina un proceso de erosión que incide en la disminución de la superficie forestal, así como la pérdida de especies características del sotobosque.

2. *Selva mediana*. Es una comunidad biótica Neotropical con una gran riqueza de especies arbóreas de alturas variables. La poca extensión de la selva mediana indica que posiblemente por el gran disturbio a que ha sido sometida, queda como pequeños manchones dentro de la zona costera, originando la pérdida de especies características. La introducción de ganadería extensiva, lo cual está propiciando que se sustituya la cubierta vegetal original por pastos inducidos, ha limitado la distribución de la vegetación primaria de estas comunidades a pequeños fragmentos.

3. *Vegetación halófila y dunas costeras*. Las comunidades de dunas costeras y vegetación halófila conforman un grupo con 39 especies compartidas de las 46 especies inventariadas en el área de estudio para estas comunidades, ocupan una superficie de 591.45 ha para el sistema de dunas y 23,830.98 ha para la vegetación halófila. Este grupo de comunidades está siendo rápidamente transformada por el creciente desarrollo agrícola y acuícola en la región.

La vegetación costera (dunas y vegetación halófila) mantiene una fuerte dependencia con respecto a la dinámica de las mareas, las corrientes y los aportes fluviales, sobre todo en los sistemas lagunares grandes con comunicación permanente al mar.

4. *Manglar*. La comunidad de manglar presenta 22 especies, con una extensión de 78,819.09 ha, se encuentra creciendo bajo la influencia de agua de mar, pero resguardadas de la acción directa de este. Los manglares tienen gran importancia tanto ecológica como económica: la descomposición de materia orgánica es muy elevada, lo que favorece el reciclaje de nutrientes y, por lo tanto, tiene una alta productividad; contribuyen a fijar y retener el suelo evitando la erosión; son vertederos de carbono y nutrientes para otros cuerpos de agua. La importancia de este tipo de vegetación es que sirve como barrera de amortiguamiento contra huracanes y como estabilizadora de tierra ribereña.

5. *Vegetación acuática*. La vegetación acuática está formada por nueve especies y en el área de ordenamiento presenta una extensión de 790.59 ha. Esta comunidad vegetal se caracteriza por ser sitios donde se realizan las funciones vitales para las distintas familias de aves acuáticas migratorias y residentes.

*Tiempo*. Como se explicó anteriormente, el tiempo de formación de los suelos de esta región se debe en gran parte a la estabilización del relieve durante la regresión marina postholocénica, que prácticamente se plantea entre 3600-4700 años.

## PEDOGÉNESIS: FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LOS SUELOS

La pedogénesis está muy ligada a los períodos de sedimentación y regresión marina, así como al carácter de los sedimentos y tipo de vegetación predominante.

En general la sedimentación de materiales en relieves más jóvenes conlleva a la formación de suelos de perfiles AC, que en el caso de influencia fluvial vigente, se caracterizan por la diferenciación de las partículas mecánicas y/o diferenciación del contenido de carbono en el espesor del perfil del suelo.

También se tiene que pueden formarse suelos por las transgresiones marinas que dejan un sedimento arenoso potente, entonces la formación del suelo en ese caso es también de perfil AC, pero de textura arenosa en todo el espesor de un metro o mayor.

Hay que considerar que la influencia marina conlleva además a la salinización de los depósitos tanto marinos como fluvio-marinos. Entonces la evolución del suelo estará muy relacionada con el lavado de las sales y las transformaciones mineralógicas, biológicas y físico-químicas que tendrán lugar a medida que se vayan "purificando" los sedimentos de las sales heredadas durante las transgresiones marinas.

En este sentido, un rol importante lo tiene el clima que es cálido y subhúmedo, con precipitaciones que oscilan entre 1000-1500 mm anuales, que evidentemente conlleva a procesos de lavado en el suelo, la edad de la llanura y textura ligera de los sedimentos (franco, franco limoso, franco arenoso hasta arenoso).

Así tenemos que en las llanuras altas, situadas más cerca de la isoyeta de 1500 mm, el lavado de las sales es más intenso y en 3000 años prácticamente pierde todas las sales en el espesor del suelo, quedando solamente en algunos casos un poco de sodio intercambiable (6-14 % de saturación por sodio) en algunos perfiles de suelos. En este caso el carácter AC de formación de suelos inicial (proceso aluvial), pasa a formar un perfil de horizonte ABC (con proceso de formación de arcillas o sialitización), o de suelos con un horizonte A más potente (subdividido en  $A_{11}$ ,  $A_{12}$ ,  $A_{13}$ ), con una fuerte humificación (proceso de acumulación de humus). Además, en las depresiones del relieve, es posible encontrar suelos afectados por hidromorfía, que presentan proceso de gleyzación.

De esta forma, en estas llanuras los suelos principales son Cambisoles, Feozems y Fluvisoles; sin sales, en pocos casos hiposódicos y a veces con gleyzación. En la Tabla II se pone la relación de las unidades de suelos clasificadas según el WRB, con el número de perfil correspondiente.

En las llanuras intermedias también el proceso de lavado de sales ha ocurrido, los perfiles de suelos estudiados no presentan sales, pero sí es notable la manifestación de un poco mayor la acumulación de sodio intercambiable (hiposódico), e incluso hay perfiles que lo presentan debajo de los 100 cm de espesor, que en la clasificación utilizada ya no puede incluirse como hiposódico.

Aquí los suelos son también Cambisoles, Feozem y Fluvisoles, como se muestra en la Tabla II.



**Tabla II. Relación de los suelos por niveles geomorfológicos**

No. perfil	Clasificación
<b>Llanura fluvial de inundación actual</b>	
IXC-001	Fluvisol húmico hiperéutrico
TUX-002	Fluvisol arénico hiperéutrico
TUX-003	Fluvisol mólico hoperéutrico
<b>Llanura fluvial superior</b>	
BEJ-006	Cambisol gléyico, húmico, hiperéutrico
BEJ-015	Cambisol gléyico, húmico hiperéutrico
BEJ-063	Gleysol sódico, éutrico
BEJ-069	Cambisol crómico, éutrico
BEJ-070	Cambisol mólico, hiperéutrico
BEJ-071	Cambisol crómico, éutrico
IXC-015	Feozem síltico
IXC-019	Fluvisol hiposódico, hiperéutrico
IXC-020	Fluvisol hiposódico, hiperéutrico
IXC-021	Feozem gléyico
IXC-022	Feozem síltico
IXC-023	Feozem síltico
IXC-026	Cambisol hiposódico, hiperéutrico
IXC-027	Feozem crómico
IXC-028	Fluvisol mólico, hiperéutrico
IXC-030	Fluvisol mólico, hiperéutrico
IXC-034	Fluvisol mólico, hiperéutrico
IXC-035	Fluvisol mólico, hiperéutrico
IXC-040	Fluvisol mólico, hiposódico, hiperéutrico
IXC-042	Fluvisol mólico, hiposódico, hiperéutrico
IXC-045	Feozem gléyico, síltico
IXC-070	Fluvisol hiposódico, hiperéutrico
IXC-073	Fluvisol hiperéutrico
TUX-005	Cambisol hiperéutrico
TUX-007	Cambisol hiperéutrico
TUX-023	Cambisol hiperéutrico
TUX-024	Fluvisol hiperéutrico
<b>Llanura fluvial intermedia</b>	
BEJ-005	Cambisol gléyico, mólico, hiposódico, hiperéutrico
IXC-003	Fluvisol húmico, hiperéutrico
IXC-010	Feozem síltico
IXC-012	Feozem síltico
IXC-013	Cambisol flúvico, mólico, hiposódico, hiperéutrico
IXC-016	Fluvisol mólico hiperéutrico
TUX-009	Cambisol mólico, hiperéutrico
TUX-010	Cambisol hiperéutrico
TUX-012	Fluvisol hiposódico, hiperéutrico
TUX-013	Fluvisol hiperéutrico
INEGI-7076	Cambisol hiposódico, hiperéutrico
INEGI-7095	Fluvisol hiposódico, éutrico
INEGI-7100	Cambisol hiperéutrico
INEGI-21603	Cambisol hiposódico, hiperéutrico
INEGI-21663	Feozem síltico
<b>Llanura fluvial baja con influencia marina</b>	
BEJ-002	Gleysol sódico, húmico, hiperéutrico, hiperéutrico
BEJ-004	Cambisol flúvico, sódico, crómico, hiperéutrico
BEJ-065	Cambisol crómico, hiperéutrico
TUX-008	Fluvisol hiperéutrico
TUX-011	Fluvisol arénico, sódico, hiperéutrico
TUX-015	Cambisol flúvico, hiperéutrico
TUX-016	Fluvisol hiperéutrico
TUX-018	Feozem síltico
TUX-019	Cambisol flúvico, hiperéutrico
TUX-020	Fluvisol hiposódico, hiperéutrico
TUX-021	Cambisol flúvico, hiperéutrico
TUX-022	Cambisol flúvico, endosálico, sódico, hiperéutrico
TUX-025	Fluvisol hiperéutrico
TUX-026	Cambisol hiposódico, hiperéutrico
TUX-027	Fluvisol hiperéutrico
TUX-028	Fluvisol hiposálico, hiposódico, hiperéutrico
TUX-029	Fluvisol sálico, sódico, hiperéutrico
TUX-030	Fluvisol hiposódico, hiperéutrico
TUX-031	Fluvisol hiperéutrico
TUX-032	Cambisol flúvico, hiposálico, endosódico, hiperéutrico
TUX-033	Cambisol flúvico, hiposódico, hiperéutrico
TUX-034	Fluvisol hiperéutrico

Llanura de inundación mareal ordinaria y alta

INEGI-7097	Solonchak gléyico, sódico
INEGI-7057	Solonchak gléyico sódico
INEGI-7062	Solonchak gléyico
INEGI-21613	Solonchak gléyico, sódico
INEGI-21621	Solonchak sódico
<b>Barras paralelas, playas y dunas costeras</b>	
IXC-002	Fluvisol endosálico, sódico, hiperéutrico
IXC-005	Arenosol hiposálico, hiperéutrico/ Regosol
NOV-001	Arenosol hiperéutrico/ Regosol
NOV-002	Arenosol gléyico, hiperéutrico
NOV-003	Solonchak gléyico, sódico, hiperéutrico
NOV-004	Arenosol gléyico hiperéutrico
INEGI-7096	Solonchak gléyico, sódico, hiperéutrico
INEGI-21602	Regosol gléyico, hiposálico, hiperéutrico
INEGI-21604	Regosol hiposódico, éutrico
INEGI-21631	Regosol endosódico, éutrico
INEGI-21634	Regosol endosódico, éutrico

Sin embargo, en la llanura fluvial baja con influencia marina, más joven y alejada de la cota de 1500 mm, el lavado de sales es menos intenso, hay subunidades de suelos sálico, endosálico, sódico e hiposódico y prácticamente hay muy poca formación de Feozem (Tabla II). La formación restringida de los Feozem en esta llanura es debido a que con la presencia de sales la cobertura vegetal es más pobre y hay menos aporte de materia orgánica al suelo, además de que la actividad biológica del suelo por el pH más alto se disminuye considerablemente; en estas condiciones la humificación del suelo es mucho menor y por eso no representa una faja de formación de Feozems, sino de Cambisoles flúvicos (la sialitización es menos intensa) y Fluvisoles con acumulaciones de sales y/o de sodio cambiante y algún que otro Solonetz o suelo Sódico.

En las llanuras fluviales actuales, donde está activo el proceso aluvial (flúvico), solamente se identifican Fluvisoles (Tabla II), lo cual es lógico debido al rejuvenecimiento que hacen los ríos por las inundaciones periódicas, que se manifiestan por la presencia de material flúvico en los primeros 50 cm de espesor del suelo.

## GRUPOS Y UNIDADES DE SUELOS

A continuación se presentan los suelos que se identificaron en los diferentes niveles geomorfológicos de la llanura, cuya formación y características están relacionados estrechamente con cada nivel geomorfológico y los factores que inciden en ellos.

En la revisión que hemos hecho de cerca de 85 perfiles que se han estudiado en la región, se han identificado siete grupos de suelos con numerosas unidades, cuando se aplicó la clasificación del World Reference Base (8, 9), diferenciándose por las distintas unidades del relieve como se mostró anteriormente (Tabla II).

Los grupos de suelos que se presentan, por orden de frecuencia son los siguientes, con sus características: **Cambisoles**. Suelos del perfil ABC, de mediana profundidad, color pardo-pardo oscuro, a veces pardo amarillento o pardo rojizo en B, textura franco-franco arcillosa-arcillosa. Se forma por lo regular en las terrazas altas e intermedias, que cuando cesa la acción fluvial tiene lugar la

formación de un horizonte B cámbico. Representan estadios jóvenes de formación de suelos, en los cuales las transformaciones mineralógicas de la parte mineral del suelo conlleva a la formación de minerales arcillosos del tipo 2:1, con poco hierro libre (igual o menor a 1-2 %). En estas condiciones su capacidad de intercambio catiónico (CIC) en arcilla es adecuada (entre 25-40 cmol (+) kg<sup>-1</sup>). *Feozems*. Suelos de perfil AC, medianamente profundo a profundo, de color oscuro y textura variable. En las condiciones de llanura deltaica, se forman bajo un proceso de humificación que se manifiesta en los primeros 30 cm del perfil, con un horizonte A friable con estructura fina (nuciforme-granular) y saturación de más del 50 % en bases cambiables. Por lo general, son suelos bien drenados, fértiles y productivos.

*Fluvisoles*. Suelos de perfil AC, que están sometidos a la influencia del llamado "proceso aluvial", por lo que presentan en los 50 cm superiores del perfil, una distribución irregular del contenido en materia orgánica en profundidad y/o de materiales de diferente textura, debido a las inundaciones fluviales en forma sistemática, que sepultan el horizonte A del suelo precedente. Por lo regular son suelos fértiles.

*Solonchaks*. Suelos propios de regiones áridas y semiáridas, mayormente en clima templado. En las condiciones tropicales subhúmedas de la llanura, pueden presentarse debido a la influencia de la evapotranspiración en época de seca, con una capa freática rica en sales por la influencia marina. Los Solonchaks se diagnostican por su contenido en sales (mayor de 1 % de sales solubles totales o mayor de 15 ds.m<sup>-1</sup>), la presencia de calvas salinas o plantas halófitas, acumulación de sales en la superficie y un perfil AC de estructura masiva, de color gris-gris amarillento.

*Arenosoles*. Suelos muy poco evolucionados, formados de sedimentos arenosos, de perfil AC, con textura más gruesa que franco arenosa hasta una profundidad de 125 cm, con menos de 35 % de fragmentos de roca u otros fragmentos gruesos. Aunque por el espesor del sedimento y su friabilidad parecen ser suelos profundos, realmente el solum es poco a medianamente profundo. Son poco fértiles y con muy poca retención de humedad.

*Regosoles*. También resultan suelos poco evolucionados, formados de sedimentos y de perfil AC, pero tienen una textura menos arenosa, pudiendo tener fragmentos de rocas u otros fragmentos gruesos. De la misma forma que los anteriores, son suelos poco fértiles y con poca retención de humedad.

*Gleysoles*. Suelos mal drenados que se forman por la influencia de una capa freática, que da lugar a procesos de reducción y oxidación, manifestándose por manchas negras grises, verde, azulosas, rojizas y amarillentas. De esta forma el perfil es AGCl-AgBg-Cg, profundo, de color oscuro, al menos en los 30-40 cm de profundidad. Como es fácil apreciar, la productividad de los Gleysoles está limitada por el mal drenaje.

Estos son los grupos de suelos identificados hasta el momento en la llanura costera sur de Nayarit; dentro de cada grupo se separan unidades de suelos, según los calificativos que se identifiquen, acorde a sus propiedades. A continuación se presenta la definición de los diferentes calificativos por su orden alfabético, siguiendo el World Reference Base (8, 9):

- \* **Arénico**: Cuando el suelo tiene una textura arenosa francosa fina o más gruesa en los 50 cm superiores del suelo
- \* **Crómico**: Cuando el perfil del suelo tiene un horizonte B que en su mayor parte tiene un hue Munsell de 7.5YR y un croma, húmedo, de más de 4, o un hue más rojo que 7.5YR.
- \* **Éútrico**: Cuando el suelo tiene una saturación por bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1M) de 50 % o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, o en una capa de 5 cm de espesor directamente por encima de un contacto lítico en *Leptosoles*
  - ⇒ **Hiperéútrico**: Cuando el suelo tiene una saturación por bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1M) de 80 % o más en todas las partes entre 50 y 100 cm desde la superficie.
- \* **Flúvico**: Cuando el suelo tiene *materia flúvica* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo. Se describe como *materia flúvica* el material de suelo que muestra estratificación, por lo menos el 25 % del volumen del suelo a una profundidad especificada; la estratificación también puede ser evidente a partir del decrecimiento irregular del carbono orgánico con la profundidad.
- \* **Gléyico**: Cuando el suelo tiene *propiedades gléyicas* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo. Se describe como *propiedades gléyicas*, cuando los suelos están completamente saturados con agua freática, a menos que esté drenado, por un período que permita la ocurrencia de condiciones reductoras y muestren un patrón de color gléyico.
- \* **Húmico**: Según el WRB, para los suelos que tenemos en la llanura costera norte, se considera que son húmicos cuando tienen más de 1 % (en peso) de carbono orgánico en la fracción tierra fina hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo.
- \* **Mólico**: Cuando el suelo tiene un horizonte mólico.
- \* **Sálico**: Cuando tiene un horizonte sálico dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
  - ⇒ **Endosálico**: Cuando el horizonte sálico se encuentra entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
  - ⇒ **Hiposálico**: Cuando la conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor de 4 dS.m<sup>-1</sup> a 25°C en por lo menos algún subhorizonte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- \* **Síltico**: Cuando el perfil del suelo tiene 40 % o más de limo en un horizonte de más de 30 cm de espesor, dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- \* **Sódico**: Cuando tiene más del 15 % de sodio intercambiable o más del 50 % de sodio más magnesio intercambiables en el complejo de intercambio dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo.

⇒ Hiposódico: Que tiene más del 6 % de saturación con sodio intercambiable en por lo menos algún subhorizonte de más de 20 cm de espesor dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

## CONCLUSIONES

- En la llanura costera norte se forman suelos relativamente jóvenes con materiales fluviales y fluvio marinos, constatándose la presencia de siete grupos de suelos (Cambisoles, Fluvisoles, Feozems, Solonchaks, Arenosoles, Regosoles y Gleysoles).
- Existe una correspondencia suelo: evolución del paisaje y lavado de las sales, evidenciándose que los suelos más representativos de la llanura fluvial son Cambisoles, Fluvisoles y Feozems.
- En la zona de influencia de las mareas, se presentan los Solonchaks.
- En las barras paralelas Arenosoles y Regosoles.
- En toda la región hay una influencia del agua muy fuerte, sobre todo en la llanura baja, las marismas y en las barras, con penetración de las aguas de mar, conllevando actualmente a la salinización de los suelos.
- Los suelos más cultivados (Cambisoles) presentan degradación por compactación y pérdida de fertilidad.

## RECOMENDACIONES

- ⊕ La explotación agrícola de la región debe tener en cuenta los problemas del drenaje, la disminución de la fertilidad y degradación del suelo por el cultivo intensivo y las sales presentes en diferentes suelos.
- ⊕ Por la degradación de los suelos muy cultivados, observada en Cambisoles, se recomienda la subsolación en ellos y aplicación de abonos orgánicos y/o rotación de los cultivos con abonos verdes.

## REFERENCIAS

1. Bojórquez, J.; Flores, F.; Nájera, O.; Mora, B. y Seefoó, A. Mapa de series de suelos de la costa norte del estado de Nayarit (escala 1:50,000) y Sistema de Información de suelos de Nayarit. Universidad Autónoma de Nayarit y Fundación Produce Nayarit A.C. México. 2003.
2. INEGI. Base Digital de Datos de Suelos. México, 2002.

3. Bojórquez, J.; Nájera, O.; Flores, F.; Marcelleño, S.; González, R.; Romero, C. y Kupul, F. Estudios previos justificativos para la creación de una Área Natural Protegida (ANP) a nivel federal en Marismas Nacionales. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. 2004. 141 p.
4. CSIC/IRNAS-FAO/AGLL. Base de Datos Multilingüe de Perfiles de Suelos (SDBm Plus). Roma,. 2001. 178 p.
5. ESRI. ArcVIEW and ArcGIS Extensions Evaluation Software, 2005.
6. INEGI. Ortofotos digitales, 1995.
7. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO-Unesco Soil Map of the World, 1:5 000 000, Vol. 1, legend. Unesco, Paris, 1974.
8. Deckers, J.; Spaargaren, F. y Nachtergaele, F. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos 84. FAO, SICS, ISRIC. 1998. 90 p.
9. Driessen, P.; Deckers, J.; Spaargaren, O. y Nachtergaele, F. Lecture notes on the major soils of the world. World Soils Resources Reports 94, FAO, 2001, 334 p.
10. Bojórquez, J. y Hernández, A. Informe de reclasificación de suelos de Nayarit por el World Reference Base (WRB). Archivos CEMIC, Universidad Autónoma de Nayarit, 2004.
11. FAO. Guidelines for soil description (Fourth edition). Rome, 2006, 97 p.
12. Jahn, R. Research needs and new developments in soil classification and mapping: meeting changing demands for soil information. En: Proceeding of International Conference on Innovative Techniques in Soil Survey. Thailand, 2004, p. 207-222.
13. García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, D.F. Instituto de Geografía, UNAM, 1988.
14. Comisión Nacional del Agua. *Base de datos del Clima en Nayarit*. Gerencia Estatal en Nayarit. Subgerencia Técnica. Departamento de Meteorología, 2004.
15. Contreras, E. F. Las lagunas costeras mexicanas 2ª. Ed. CECODES-SEPESCA, México, 1988. 263 p.
16. Curray, J., F. Emmel y P. Crampton. «Holoceno history of strand plain, lagoonal coast, Nayarit. México. En: Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, México, D. F. 1969. p. 63-100.
17. INEGI. Síntesis Geográfica del Estado de Nayarit. México, 2000.
18. Téllez, V. O. Flora, Vegetación y Fitogeografía de Nayarit, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1995. 165 p.

Recibido: 14 de diciembre de 2005

Aceptado: 27 de noviembre de 2006