



Cultivos Tropicales

ISSN: 0258-5936

revista@inca.edu.cu

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
Cuba

Vivanco, J. C.; Bojórquez, J. I.; Murray, R. M.; Nájera, O.; Hernández, A.; Flores, F.
Características de los principales suelos de la cuenca del río Mololoa, Tepic, Nayarit, México
Cultivos Tropicales, vol. 31, núm. 1, 2010, pp. 32-40
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193214880004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES SUELOS DE LA CUENCA DEL RÍO MOLOLOA, TEPIC, NAYARIT, MÉXICO

J. C. Vivanco[✉], J. I. Bojórquez, R. M. Murray, O. Nájera, A. Hernández y F. Flores

ABSTRACT. Mololoa river basin has an area of 56 937 hectares and represents a socially, environmentally and agroproductively significant region for Tepic city, the capital of Nayarit state. In recent years, some edaphological investigations have been performed in this region and the following soil referential groups have been reported: Andosols, Alisols, Luvisols, Cambisols, Phaeozems, Regosols, Leptosols, Gleysols and Fluvisols. This work provides characteristics of the main soils (Andosols, Alisols, Luvisols, Phaeozems, Regosols and Gleysols), emphasizing Andosols and Alisols, two of the most important basin soils, which are different in their genesis and properties, essentially due to soil formation conditions. In case of Andosols, they are recently-formed AC profile soils from quaternary deposits of pumice stone and some ash of San Juan volcano, whereas Alisols are highly-evolved ABtC profile soils formed in ancient and steady reliefs from quaternary basic rock materials of Sangangüey volcano.

Key words: Nayarit, watersheds, soil types, soil genesis, andosols

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Mololoa tiene una extensión de 56 000 ha y representa una región muy importante para el desarrollo ambiental, social y de abastecimiento agropecuario de la ciudad de Tepic, capital del estado de Nayarit, México. En un trabajo anterior se presentaron las condiciones histórico-naturales de la formación de los suelos de esta cuenca, a saber: Andosoles, Luvisoles, Alisoles, Feozems, Cambisoles, Gleysoles, Regosoles y Leptosoles, principalmente.

Hasta el momento, se han presentado pocos resultados de las características de estos suelos, siendo el único

J. C. Vivanco, Profesor de la facultad de Agronomía, Dr. J. I. Bojórquez, Director, Ms.C. R. M. Murray, Especialista, Ms.C. O. Nájera y Ms.C. F. Flores, Investigadores de la Dirección de Fortalecimiento de Investigaciones, 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, CP 32 700, Cuba
[✉] bos@nayar.uan.mx, iranbojorquez@hotmail.com

RESUMEN. La cuenca del río Mololoa tiene una extensión de 56 937 ha y representa una región de gran importancia social, ambiental y agroproductiva para la ciudad de Tepic, capital del estado de Nayarit. En los últimos años, se han realizado algunas investigaciones edafológicas en esta región y se ha informado que se presentan grupos referenciales de suelos que son: Andosoles, Alisoles, Luvisoles, Cambisoles, Feozems, Regosoles, Leptosoles, Gleysoles y Fluvisoles. En este trabajo se dan las características de los principales suelos (Andosoles, Alisoles, Luvisoles, Feozems, Regosoles y Gleysoles), con énfasis en Andosoles y Alisoles, dos de los suelos más importantes de la cuenca, mostrando que estos se diferencian en su génesis y propiedades, dado principalmente por las condiciones de formación de los suelos. En el caso de los Andosoles, son suelos de formación más recientes, de perfil AC, a partir de depósitos cuaternarios de piedra pómez y algo de ceniza del volcán San Juan, mientras que los Alisoles son suelos de perfil ABtC, más evolucionados, formados en relieves estables y más antiguos de materiales de rocas básicas del cuaternario del volcán Sangangüey.

Palabras clave: Nayarit, cuencas hidrográficas, tipos de suelos, génesis del suelo, andosoles

informe al respecto el levantamiento de suelos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit, México (1).

Por esta razón, el objetivo del trabajo es publicar este primer informe edafológico de la cuenca del río Mololoa, que de manera novedosa presenta las características de los grupos de suelos más importantes, profundizando en dos: Andosoles y Alisoles, el primero formado más recientemente a partir de materiales volcánicos y el otro en superficies más estables y antiguas a partir de materiales de rocas básicas.

Con estos resultados se continúa haciendo aportes edafológicos en diferentes regiones del estado de Nayarit, ya que en trabajos anteriores se han presentado resultados en los suelos de la llanura costera norte del estado de Nayarit (2, 3, 4).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó después de confeccionar el mapa escala 1:100 000 de los suelos de la cuenca del río Mololoa, en el que se tomaron 54 perfiles, que a su vez

fueron descritos y clasificados por el sistema del *World Reference Base* (5). Los perfiles fueron descritos y caracterizados según la NOM-021-RECNAT-2000 (6), por los métodos analíticos siguientes:

- ☞ pH en agua por el método potenciométrico con la relación suelo:agua 1:2
- ☞ Materia orgánica por el método Walkley&Black
- ☞ Cationes cambiabiles y capacidad de intercambio catiónico por el método de extracción con acetato de amonio a pH 7
- ☞ Composición mecánica por el método de Bouyoucos, utilizando exametafosfato de sodio como dispersante
- ☞ Fósforo asimilable por el método de Bray Kurtz para suelos ácidos y Olsen para suelos con pH mayor de 7
- ☞ Potasio asimilable por cálculo a partir del potasio intercambiable

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuenca del río Mololoa se encuentra en forma de valle alto entre el pico San Juan (2220 m snm) por el oeste y el Sangangüey (2180 m snm) por el este, y va hacia la parte baja en las márgenes del río a una altura entre 920 y 900 m snm. Tanto San Juan como Sangangüey son formaciones volcánicas antiguas, cuyas actividades ya cesaron, el primero en el terciario mientras que el segundo estuvo activo aún en el cuaternario.

La temperatura media anual de la cuenca es de 21-22°C en el valle de Matatipac y 24-26°C hacia la desembocadura, mientras que la precipitación media anual es de 1000-1200 mm, aunque en algunas pequeñas zonas llega hasta 1500 mm. La formación de suelos entre las dos vertientes del río son diferentes, tanto por el material de origen (de carácter ácido en la parte del San Juan y básico y ultrabásico en la parte del Sangangüey) como por su edad (terciario en el Sangangüey y cuaternario en el San Juan).

La formación de los suelos en la cuenca es compleja, dada por los tipos de materiales de origen como por los

niveles geomorfológicos, la edad y los procesos de arrastre y redeposición de los materiales (Figura 1).

Según estas particularidades, en sentido general, los suelos más importantes se forman en las siguientes condiciones:

- ☞ Andosoles: parte más inmediata del pico San Juan
- ☞ Alisoles: superficies más estables del relieve en la parte del Sangangüey
- ☞ Luvisoles: superficies intermedias del Sangangüey
- ☞ Feozems: ambas vertientes de la cuenca
- ☞ Regosoles: principalmente en las partes más altas del San Juan asociados a los Andosoles
- ☞ Cambisoles: ambas márgenes del río Mololoa, principalmente crómicos hacia la vertiente del Sangangüey y háplicos en la vertiente del San Juan.
- ☞ Leptosoles: distribuidos principalmente en las partes más altas del Sangangüey, con suelos muy poco profundos sobre roca basáltica y andesitas.
- ☞ Gleysoles: partes depresionales, donde hay drenaje deficiente que da lugar a la manifestación del proceso de gleyzación.

A continuación se presentan las características de los suelos más importantes de esta cuenca.

Andosoles

Son suelos que se encuentran en pendientes muy abruptas hasta de 35°, de perfil AC, que se forman principalmente de depósitos de piedra pómez (jal) y algo de cenizas volcánicas, siendo su composición de carácter ácido por su riqueza en sílice. El color del horizonte A es oscuro, pasando a gris claro en la parte media y amarillo claro, casi blanco en el horizonte C.

En la Tabla I se muestra la composición mecánica y textura de estos suelos, siendo sorprendente el espesor arcilloso de la parte superior del suelo en los siete perfiles que se caracterizan, lo que no es típico para los Andosoles, y que puede relacionarse con el régimen lluvioso de la zona, cercana al pico San Juan, que es de 1500 mm anual, propio del clima semicálido subhúmedo (7).

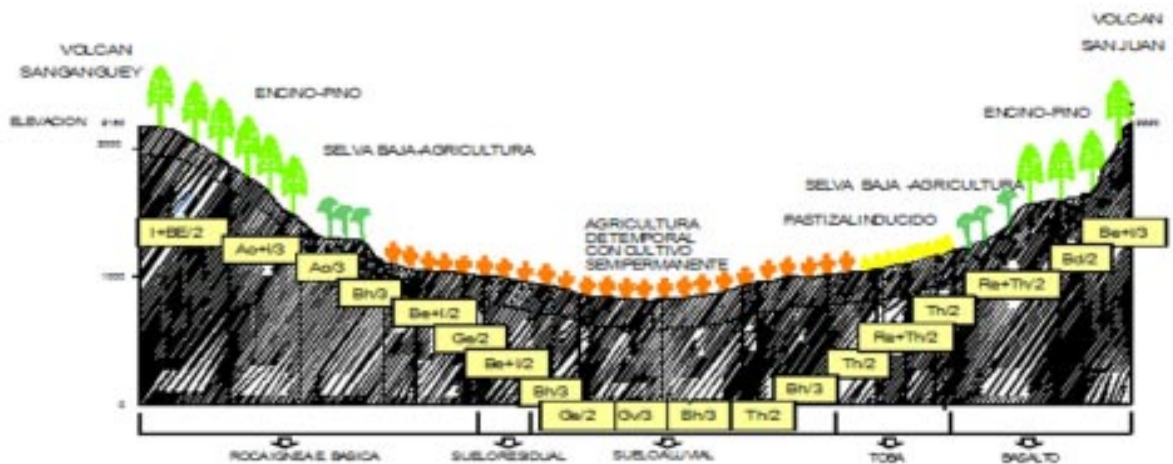


Figura 1. Perfil longitudinal esquemático de la parte de la cuenca del río Mololoa que va desde el volcán Sangangüey al San Juan

Tabla I. Composición mecánica y textura

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Porcentaje de las fracciones (mm) | | | Textura |
|---------------|-----------|------------------|-----------------------------------|------|---------|------------------|
| | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| 7 | A11 | 0-18 | 38 | 20 | 42 | Arcillosa |
| | A12 | 18-30 | 38 | 56 | 6 | Franco Limosa |
| | A13 | 30-76 | 32 | 64 | 4 | Franco Limosa |
| | C | 76-104 | 34 | 62 | 4 | Franco Limosa |
| 9 | A11 | 0-22 | 34 | 20 | 46 | Arcillosa |
| | A12 | 22-60 | 38 | 32 | 30 | Franco Arcillosa |
| | A13 | 60-125 | 38 | 60 | 2 | Franco Limosa |
| 12 | AP | 0-20 | 36 | 32 | 32 | Franco Arcillosa |
| | A11 | 20-70 | 30 | 68 | 2 | Franco Limosa |
| | A12 | 70-125 | 32 | 66 | 2 | Franco Limosa |
| 13 | AP | 0-15 | 34 | 38 | 28 | Franco Arcillosa |
| | A11 | 15-53 | 42 | 40 | 18 | Franca |
| | AC11 | 53-82 | 34 | 60 | 6 | Franco Limosa |
| | AC12 | 82-125 | 34 | 64 | 2 | Franco Limosa |
| 29 | AP | 0-26 | 40 | 28 | 32 | Franco Arcillosa |
| | A11 | 26-65 | 38 | 58 | 4 | Franco Limosa |
| | AC | 65-100 | 40 | 58 | 2 | Franco Limosa |
| 59 | A11 | 0-22 | 34 | 20 | 46 | Arcillosa |
| | A12 | 22-60 | 38 | 32 | 30 | Franco Arcillosa |
| | A13 | 60-125 | 38 | 60 | 2 | Franco Limosa |
| 69 | A | 0-26 | 52 | 28 | 20 | Franco Arenosa |
| | C1 | 26-40 | 62 | 24 | 14 | Franco Arenosa |
| | C2 | 40-70 | 52 | 34 | 14 | Franco Arenosa |
| | C3 | 70-100 | 96 | 2 | 2 | Arenosa |
| | C4 | 100-125 | 86 | 10 | 4 | Areno Francosa |

Sin embargo, en profundidad, el suelo es franco limoso en la parte media e inferior, con muy poca formación de arcilla (solamente se exceptúa el perfil 69 que es franco-arenoso a arenoso).

La menor formación de arcilla en la parte media inferior del suelo se debe posiblemente a una diferenciación de materiales en la sedimentación de materiales volcánicos; la parte superior con algo de cenizas y la inferior con el material de pómez que es el predominante en la zona. Por otra parte, en estos momentos influye, además, que debido a una menor cantidad de agua que llega a los espesores profundos del suelo, como resultado de que en la parte arcillosa superior del perfil en época de lluvia alcanza su capacidad de campo, hay sobre-humedecimiento, lo que propicia grandes pérdidas laterales por escorrentía, debido a la pendiente en que se encuentran estos suelos.

En la parte media-inferior del perfil sucede que es una formación muy grande de limo, como resultado de que la piedra pómez y ceniza, aunque en poca cantidad, retienen la humedad y se logra la transformación a limo primero, pero no llega a formarse arcilla, por la insuficiencia de humedad. Precisamente esta cantidad de limo tan grande es propia de los Andosoles y le da el calificativo de síltico entre los atributos a considerar para la clasificación de suelos del *WRB*.

La influencia del tipo de material volcánico en la formación de las propiedades de los Andosoles ha sido estudiada

desde hace tiempo (8) y sus resultados evidencian que el comportamiento del material fino de las cenizas es muy diferente al de la piedra pómez, en las transformaciones que ocurren por la acción del intemperismo.

Posiblemente la formación intermedia de limo se corresponda con la de imogolita y la de arcilla con la de metahalosita, que es la evolución mineral típica de las alófanos en los suelos Andosoles (8).

Los Andosoles se caracterizan, además, por características físico-químicas muy particulares, debido al predominio de minerales de corto rango (alófanos), las cuales se muestran en la Tabla II.

Por estos datos se comprueba que los suelos son de reacción desde ligeramente ácida a ácida, con una capacidad de intercambio catiónico entre 35 y 40 cmol (excepto el perfil 69 de textura arenosa), debido al predominio de alófanos. Sin embargo, el contenido en bases cambiables es bajo, propio de los Andosoles, dando un grado de saturación por bases muy bajo, menor del 50 % (excepto el perfil 69).

Estos suelos se caracterizan por un contenido muy alto de materia orgánica (Tabla III), debido al proceso de andosolización (9). Además, en ellos el fósforo asimilable es bajo, pero el potasio asimilable es de medio a alto, lo cual es propio muchas veces de los Andosoles, debido a su alto contenido de cenizas volcánicas.

Tabla II. Características físico-químicas de los Andosoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | pH | cMol(+)kg ⁻¹ | | | | Suma | CIC cMol(+)kg ⁻¹ | Saturación por base (%) |
|---------------|-----------|------------------|-----|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|------|-----------------------------|-------------------------|
| | | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | | | |
| 7 | A11 | 0-18 | 5.6 | 4.4 | 0.8 | 0.2 | 0.8 | 6.2 | 35.0 | 17.7 |
| | A12 | 18-30 | 5.9 | 6.3 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 7.6 | 38.8 | 19.6 |
| | A13 | 30-76 | 5.9 | 4.4 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 5.3 | 38.5 | 13.8 |
| | C | 76-104 | 6.3 | 3.8 | 1.4 | 0.3 | 0.1 | 5.6 | 37.5 | 14.9 |
| 9 | A11 | 0-22 | 5.3 | 1.3 | 0.7 | 0.2 | 0.7 | 2.9 | 31.8 | 9.1 |
| | A12 | 22-60 | 5.2 | 1.3 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 2.2 | 28.8 | 7.6 |
| | A13 | 60-125 | 6.4 | 3.1 | 1.3 | 0.2 | 0.1 | 4.7 | 37.5 | 12.5 |
| 12 | AP | 0-20 | 5.7 | 5.0 | 1.4 | 0.2 | 0.4 | 7.0 | 33.3 | 21.0 |
| | A11 | 20-70 | 6.2 | 5.6 | 1.9 | 0.2 | 0.3 | 8.0 | 38.3 | 20.9 |
| | A12 | 70-125 | 6.0 | 3.8 | 2.0 | 0.2 | 0.1 | 6.1 | 40.3 | 15.1 |
| 13 | AP | 0-15 | 5.9 | 6.3 | 1.7 | 0.9 | 0.2 | 9.1 | 41.3 | 22.0 |
| | A11 | 15-53 | 5.7 | 5.6 | 1.3 | 0.2 | 0.1 | 7.2 | 44.3 | 16.3 |
| | AC11 | 53-82 | 6.8 | 6.3 | 1.6 | 0.2 | 0.1 | 8.2 | 44.8 | 18.3 |
| | AC12 | 82-125 | 6.7 | 6.9 | 1.6 | 0.2 | 0.1 | 8.8 | 43.8 | 20.1 |
| 29 | AP | 0-26 | 4.9 | 2.5 | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 3.8 | 30.0 | 12.7 |
| | A11 | 26-65 | 5.3 | 3.1 | 1.3 | 0.2 | 0.6 | 5.2 | 40.5 | 12.8 |
| | AC | 65-100 | 6.2 | 3.8 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 5.1 | 41.5 | 12.3 |
| 59 | A11 | 0-22 | 5.3 | 1.3 | 0.7 | 0.2 | 0.7 | 2.9 | 31.8 | 9.1 |
| | A12 | 22-60 | 5.2 | 1.3 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 2.2 | 28.8 | 7.6 |
| | A13 | 60-125 | 6.4 | 3.1 | 1.3 | 0.2 | 0.1 | 4.7 | 37.5 | 12.5 |
| 69 | A | 0-26 | 6.6 | 11.7 | 2.7 | 0.4 | 1.6 | 16.4 | 28.0 | 58.6 |
| | C1 | 26-40 | 6.7 | 3.8 | 1.3 | 0.4 | 0.9 | 6.4 | 12.0 | 53.3 |
| | C2 | 40-70 | 6.9 | 2.5 | 0.5 | 0.5 | 1.1 | 4.6 | 8.3 | 55.4 |
| | C3 | 70-100 | 7.0 | 1.4 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 2.4 | 3.2 | 75.0 |
| | C4 | 100-125 | 6.7 | 2.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 4.1 | 4.7 | 87.2 |

Tabla III. Contenido de materia orgánica y nutrientes en los Andosoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Materia orgánica (%) | C (%) | P asimilable (mg/100 g) | K asimilable (mg/100 g) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------|-------|-------------------------|-------------------------|
| 7 | A11 | 0-18 | 7.0 | 4.06 | 0,4 | 31.2 |
| | A12 | 18-30 | 5.3 | 3.07 | 0,3 | 7.8 |
| | A13 | 30-76 | 4.0 | 2.32 | 0,2 | 3.9 |
| | C | 76-104 | 3.5 | 2.03 | - | 3.9 |
| 9 | A11 | 0-22 | 5.3 | 3.07 | 0,9 | 27.3 |
| | A12 | 22-60 | 4.0 | 2.32 | 0,6 | 3.9 |
| | A13 | 60-125 | 2.7 | 1.57 | - | 3.9 |
| 12 | AP | 0-20 | 6.1 | 3.54 | 0,4 | 15.6 |
| | A11 | 20-70 | 3.9 | 2.26 | 0,2 | 11.7 |
| | A12 | 70-125 | 3.3 | 1.91 | - | 3.9 |
| 13 | AP | 0-15 | 9.5 | 5.51 | - | 7.8 |
| | A11 | 15-53 | 8.3 | 4.81 | - | 3.9 |
| | AC11 | 53-82 | 6.2 | 3.60 | - | 3.9 |
| | AC12 | 82-125 | 5.3 | 3.07 | - | 3.9 |
| 29 | AP | 0-26 | 5.5 | 3.19 | 0,4 | 23.4 |
| | A11 | 26-65 | 4.4 | 2.55 | 0,1 | 23.4 |
| | AC | 65-100 | 3.8 | 2.20 | - | 7.8 |
| 59 | A11 | 0-22 | 5.3 | 3.07 | 0,9 | 27.3 |
| | A12 | 22-60 | 4.0 | 2.32 | 0,6 | 3.9 |
| | A13 | 60-125 | 2,7 | 1.57 | - | 3.9 |
| 69 | A | 0-26 | 6.1 | 3.54 | 0,9 | 72.4 |
| | C1 | 26-40 | 0.8 | 0.46 | - | 35.1 |
| | C2 | 40-70 | - | - | -- | 42.9 |
| | C3 | 70-100 | - | - | - | 11.7 |
| | C4 | 100-125 | - | - | - | 19.5 |

Alisoles

Estos suelos se encuentran principalmente en la vertiente del volcán Sangangüey y están formados en relieves bajos y estables, prácticamente en la segunda o tercera terraza del río Mololoa. Ellos son de perfil ABtC con horizonte argílico. La textura es franco-arcillosa a arcillosa en superficie, que aumenta hacia el horizonte Bt (Tabla IV). Esta formación es propia de un clima cálido húmedo que prevalece en las partes bajas de la cuenca.

Los Alisoles se caracterizan por su reacción ácida, dado por un grado de saturación por bases menor de 50 %. En la Tabla V se presentan los datos de los perfiles estudiados, en la cual se observa que la reacción es ácida en la superficie, aumentando un poco en profundidad. Es notable, además, que tienen una capacidad de intercambio catiónico entre 18 y 20 cmol en el suelo, que al llevar este valor a 100 g de arcilla se cambia a 35-40 cmol para estos perfiles, lo cual indica que los minerales arcillosos predominantes son del tipo 2:1, posiblemente con algo de 1:1.

Esta característica es precisamente la que divide a los Alisoles de los Acrisoles; los primeros se forman típicamente en clima semicálido húmedo (templado caliente húmedo) y los otros en clima cálido húmedo (tropical húmedo).

En los momentos actuales, los Alisoles constituyen aquellos suelos que presentan horizonte Bt argílico (5),

con grado de saturación de bases menor de 50 % y más de 24 cmol/100 g de arcilla (minerales secundarios de alta actividad arcillosa), mientras que los Acrisoles también son suelos con horizonte Bt argílico, con grado de saturación de bases menor de 50 %, pero con más de 24 cmol/100 g de arcilla (minerales arcillosos de baja actividad arcillosa).

Estos Alisoles se caracterizan, además, por un contenido variable en materia orgánica, debido a su uso agrícola, pudiendo estar de 1.8 a 4.1 % en el horizonte A (Tabla VI), y de poco a mediano contenido en fósforo y en potasio asimilables.

Regosoles

Son suelos poco evolucionados, de perfil AC, que se presentan asociados a los Andosoles en las laderas y parte alta del pico San Juan. Su formación incipiente es debida a que el material completo que da lugar a su formación es piedra pómez, de poca evolución, en pendientes abruptas con más de 30° de pendiente.

Es notable cómo en estos suelos tan poco profundos y de textura muy ligera se siembra jícama y caña de azúcar, a pesar de la pendiente, textura ligera, poca profundidad del suelo y condiciones de pedregosidad. Indiscutiblemente que en ello influye la reserva de humedad de la alófana y el contenido en potasio relativamente alto en estos suelos.

Tabla IV. Composición mecánica y textura de los Alisoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Porcentaje de fracciones (mm) | | | Textura |
|---------------|-----------|------------------|-------------------------------|------|---------|------------------|
| | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| 18 | A | 0-20 | 38 | 35 | 27 | Franco Arcillosa |
| | AB21t | 20-34 | 34 | 32 | 34 | Franco Arcillosa |
| | B22t | 34-54 | 40 | 26 | 34 | Franco Arcillosa |
| | B23t | 54-125 | 36 | 26 | 38 | Franco Arcillosa |
| 21 | A | 0-17 | 25 | 30 | 45 | Arcillosa |
| | B21t | 17-28 | 24 | 20 | 56 | Arcillosa |
| | B22t | 28-75 | 18 | 20 | 62 | Arcillosa |
| | B23t | 75-125 | 20 | 22 | 58 | Arcillosa |
| 38 | A | 0-10 | 26 | 30 | 44 | Arcillosa |
| | AB21t | 10-20 | 24 | 22 | 54 | Arcillosa |
| | B22t | 20-50 | 18 | 20 | 62 | Arcillosa |

Tabla V. Características físico-químicas de los Alisoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | pH | cMol(+)kg ⁻¹ | | | | | CIC cMol(+)kg ⁻¹ | Saturación por base (%) |
|---------------|-----------|------------------|-----|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|------|-----------------------------|-------------------------|
| | | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Suma | | |
| 18 | A | 0-20 | 5,2 | 4,7 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 6,2 | 20,2 | 30,7 |
| | AB21t | 20-34 | 5,3 | 5,0 | 0,9 | 0,2 | 0,6 | 6,7 | 20,3 | 33,0 |
| | B22t | 34-54 | 6,0 | 4,4 | 1,6 | 0,2 | 0,1 | 6,3 | 18,5 | 34,1 |
| | B23t | 54-125 | 6,7 | 7,5 | 2,6 | 0,6 | 0,1 | 10,8 | 19,8 | 54,5 |
| 21 | A | 0-17 | 6,0 | 5,1 | 2,6 | 0,1 | 0,3 | 8,1 | 20,0 | 40,5 |
| | B21t | 17-28 | 6,1 | 5,0 | 2,7 | 0,1 | 0,4 | 8,2 | 19,0 | 43,2 |
| | B22t | 28-75 | 6,2 | 5,0 | 1,7 | 0,1 | 0,2 | 7,0 | 16,8 | 41,7 |
| | B23t | 75-125 | 6,1 | 5,4 | 2,0 | 0,1 | 0,1 | 7,6 | 18,9 | 40,2 |
| 38 | A | 0-10 | 5,9 | 4,8 | 2,5 | 0,2 | 0,7 | 8,3 | 19,0 | 43,7 |
| | AB21t | 10-20 | 6,0 | 5,0 | 2,6 | 0,2 | 0,7 | 8,5 | 18,8 | 45,2 |
| | B22t | 20-50 | 6,3 | 5,0 | 2,4 | 0,2 | 0,7 | 8,3 | 17,8 | 46,6 |

Tabla VI. Contenido en materia orgánica y nutriente de los Alisoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Materia orgánica (%) | C (%) | P asimilable (mg/100g) | K asimilable (mg/100g) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------|-------|------------------------|------------------------|
| 18 | A | 0-20 | 2.0 | 1.16 | 5.0 | 19.5 |
| | AB21t | 20-34 | 1.8 | 1.04 | 5.3 | 23.4 |
| | B22t | 34-54 | 1.8 | 1.04 | - | 3.9 |
| | B23t | 54-125 | 1.6 | 0.93 | - | 3.9 |
| 21 | A | 0-17 | 4.1 | 2.38 | 0.2 | 11.7 |
| | B21t | 17-28 | 4.0 | 2.32 | 0.1 | 15.6 |
| | B22t | 28-75 | 1.3 | 0.75 | 0.1 | 7.8 |
| | B23t | 75-125 | 1.6 | 0.93 | - | 3.9 |
| 38 | A | 0-10 | 1.8 | 1.04 | 0.7 | 27.3 |
| | AB21t | 10-20 | 1.5 | 0.87 | 0.6 | 27.3 |
| | B22t | 20-50 | 0.8 | 0.46 | 0.2 | 27.3 |

En la Tabla VII se observa el predominio de las partículas arenosas a través del perfil del suelo, aumentando en profundidad, con una textura franco-arenosa en superficie que en el horizonte de pómez es arenosa definitivamente.

Como se puede observar, hay muy poca formación de arcilla en este suelo, lo que hace suponer que no hay una transformación muy profunda de los materiales originarios, por una parte debido al tipo de material que predomina que es la piedra pómez y, por otra, las pérdidas de humedad a que está sujeto el suelo por lavado lateral a causa de las pendientes tan pronunciadas en la zona.

En la Tabla VIII se muestran los datos relativos a las características físico-químicas del suelo; en correspondencia con una textura arenosa, se tienen valores de capacidad de intercambio catiónico relativamente bajos, al igual que las bases de cambio, siendo el grado de saturación de 70-76 %, no muy alto para un suelo tan poco evolucionado, pero acorde al lavado que ocurre en el suelo, por la textura y presencia de gravas y fragmentos de piedra pómez como material de origen.

Desde el punto de vista del contenido de materia orgánica, resulta muy bajo y por ende en carbono, con poco fósforo asimilable, pero buen contenido de potasio asimilable, dado el carácter volcánico del material de origen (Tabla IX).

Estos resultados permiten resumir que los Regosoles asociados a los Andosoles en la parte de la cuenca del río Mololoa son suelos poco evolucionados, arenosos, pobres en materia orgánica y fósforo asimilable. Tienen una fuerte tendencia al lavado de las bases, por lo que son poco productivos para la agricultura, tanto por sus características como por el relieve en el que se distribuyen.

Foetzems

Estos suelos son más evolucionados que los Regosoles y pueden ser de perfil AC o ABC, en dependencia de si manifiestan la formación de un horizonte A superior mólico bien desarrollado. Por tanto, son suelos de color oscuro, que pueden tener horizonte B, con un contenido más o menos alto en materia orgánica.

Tabla VII. Composición mecánica y textura del Regosol

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Porcentaje de fracciones (mm) | | | Textura |
|---------------|-----------|------------------|-------------------------------|------|---------|----------------|
| | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| 1 | Ap | 0-16 | 72 | 17 | 11 | Franco arenosa |
| | B | 16-30 | 75 | 15 | 10 | Franco arenosa |
| | C1 | 30-61 | 77 | 16 | 7 | Arena francosa |
| | C2 | 61-90 | 90 | 5 | 5 | Arenosa |

Tabla VIII. Características físico-químicas del Regosol

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | pH | cMol(+)kg ⁻¹ | | | | | CIC cMol(+)kg ⁻¹ | Saturación por base (%) |
|---------------|-----------|------------------|-----|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|------|-----------------------------|-------------------------|
| | | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Suma | | |
| 1 | Ap | 0-16 | 6.0 | 3.2 | 1.5 | 0.3 | 0.8 | 5.8 | 8.2 | 70.7 |
| | B | 16-30 | 6.1 | 3.5 | 1.3 | 0.3 | 0.6 | 5.7 | 7.9 | 72.2 |
| | C1 | 30-61 | 6.3 | 3.3 | 1.7 | 0.2 | 0.5 | 5.7 | 7.5 | 76.0 |
| | C2 | 61-90 | 6.4 | 3.8 | 0.8 | 0.2 | 0.4 | 5.2 | 6.8 | 76.4 |

Tabla IX. Contenido de materia orgánica y nutriente del Regosol

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Materia orgánica (%) | C (%) | P asimilable (mg/100g) | K asimilable (mg/100g) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------|-------|------------------------|------------------------|
| 1 | Ap | 0-16 | 1.13 | 0.66 | 2.2 | 31.2 |
| | B | 16-30 | 0.61 | 0.35 | 1.5 | 23.4 |
| | C1 | 30-61 | 0.20 | 0.12 | 0.7 | 19.5 |
| | C2 | 61-90 | 0.13 | 0.08 | 0.6 | 15.6 |

Por tanto, los Feozems se desarrollan normalmente bajo un proceso de acumulación de humus, que en la zona de estudio se presenta mejor en la vertiente de la derecha de la cuenca del Mololoa, ya que allí existen materiales originarios de los suelos de composición básica, ricos en calcio y magnesio, que son elementos necesarios para la acumulación de humus en el suelo. Por el contrario, hacia la margen izquierda del río están presentes principalmente los materiales originarios de composición ácida, representado por la piedra pómez y productos repositados de su corteza de intemperismo.

En la Tabla X se presentan los datos de la composición mecánica de un perfil de Feozem tomado en relieve estable. Estos resultados permiten observar que es un suelo de textura arcillosa, con un desarrollo profundo del horizonte A, húmico acumulativo, acorde al color oscuro que posee el suelo.

Este suelo, tanto por su textura como por sus características físico-químicas (Tabla XI) y contenido de materia orgánica y nutriente (Tabla VI), resulta bastante bueno, mucho mejor que el perfil de suelo Regosol.

Posee una capacidad catiónica cambiante en suelo ideal (28-30 cmol, Tabla XI), con buen contenido en calcio, resultando el magnesio cambiante un poco alto, por lo que la relación Ca:Mg es menor de 2,0 no siendo lo más apropiado en los suelos. El contenido en potasio cambiante es muy alto y esto en cierta forma puede contrarrestar la acción bloqueadora del magnesio con relación a la absorción del potasio por las plantas.

Uno de los problemas que presenta el suelo es el grado de saturación por bases, que resulta bajo, aunque está por encima del 50 %, lo que permite aún mantenerlo dentro del grupo referencial de los Feozems.

En cuanto al contenido en materia orgánica y nutrientes se refiere, está, que este suelo es alto en materia

orgánica y carbono y en potasio asimilable, aunque muy bajo en fósforo asimilable (Tabla XII).

Luvisol

Son suelos de regiones templadas, perfil ABtC, con horizonte argílico y más del 50 % de saturación por bases así como una capacidad de intercambio catiónico mayor de 24 cmol en 100 g de arcilla.

Estas características se manifiestan bien en los suelos de la cuenca del río Mololoa, siempre en un relieve más inestable que en aquellos donde se desarrollan los Alisoles. Así, en el Sangangüey, hacia el río, en la parte alta del cráter antiguo del volcán se presentan los Leptosoles o Regosoles; más abajo, llegando al pie del monte están los Cambisoles, después en fase de pendiente pero ya conformando la terraza más antigua del río se distribuyen los Luvisoles, en la tercera terraza se presentan los Alisoles y ya en la segunda y primera terrazas están los Fluvisoles y Gleysoles.

En la Tabla XIII se presenta la composición mecánica y textura del perfil 51, representativo de un suelo Luvisol. Estos datos permiten observar el horizonte Bt argílico, con un cambio de textura franco-arcillosa en el horizonte A, húmico-acumulativo a arcillosa en el Bt argílico.

En la Tabla XIV se muestran las características físico-químicas de este suelo, por lo que se observa el grado de saturación mayor de 50 % y también una capacidad de intercambio catiónica en suelo de 18.9 a 25.7 cmol, que al llevarlo a 100 % de arcilla, sin duda daría valores mayores de 24 cmol.

El suelo por su pH y grado de saturación cae en suelos éutricos, propios de los Luvisoles, con predominio del calcio entre los cationes intercambiables.

En cuanto a su fertilidad este perfil de suelo Luvisol tiene casi un contenido medio de materia orgánica, con poco contenido o medio en fósforo asimilable y alto en potasio asimilable (Tabla XV).

Tabla X. Composición mecánica y textura del Feozem

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Porcentaje de fracciones (mm) | | | Textura |
|---------------|-----------|------------------|-------------------------------|------|---------|-----------|
| | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| 23 | A11 | 0-15 | 34 | 18 | 48 | Arcillosa |
| | A12 | 15-35 | 28 | 16 | 56 | Arcillosa |

Tabla XI. Características físico-químicas del Feozem

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | pH | cMol(+)kg ⁻¹ | | | | | CIC cMol(+)kg ⁻¹ | Saturación por base (%) |
|---------------|-----------|------------------|-----|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|------|-----------------------------|-------------------------|
| | | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Suma | | |
| 23 | A11 | 0-15 | 6.0 | 8.8 | 5.6 | 0.2 | 1.2 | 15.8 | 30.3 | 52.1 |
| | A12 | 15-35 | 6.1 | 7.5 | 5.6 | 0.2 | 0.8 | 14.1 | 28.0 | 50.4 |

Tabla XII. Contenido de materia orgánica y nutriente del Feozem

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Materia orgánica (%) | C (%) | P asimilable (mg/100g) | K asimilable (mg/100g) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------|-------|------------------------|------------------------|
| | | | | | | |
| | A12 | 15-35 | 3.7 | 2.15 | 0.1 | 31.2 |

Tabla XIII. Composición mecánica y textura del Luvisol

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Porcentaje de fracciones (mm) | | | Textura |
|---------------|-----------|------------------|-------------------------------|------|---------|------------------|
| | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| 51 | A | 0-30 | 40 | 22 | 38 | Franco arcillosa |
| | B21t | 30-52 | 34 | 20 | 46 | Arcillosa |
| | B22t | 52-75 | 31 | 21 | 48 | Arcillosa |

Gleysol

Es un suelo que se caracteriza porque en su formación hay exceso de humedad, que provoca reacciones de oxidación-reducción, dando lugar al proceso de gleyzación. Este proceso se manifiesta por manchas grises, azules, rojo-amarillentas en los diferentes horizontes y en los horizontes donde se manifiesta se pone un subindicador g, acompañando al tipo de horizonte. Entonces un Gleysol sería del tipo de perfil AgBgCg o AgCg o ABgCg, siempre con el subindicador g mostrando en qué parte del perfil se manifiesta la gleyzación.

En el caso de los Gleysoles de la cuenca del Mololoa, se presentan los datos de dos perfiles de este grupo de suelos (perfiles 14 y 62), que son de textura franco-arcillosa en superficie, que pasa a arcillosa en profundidad (Tabla XVI).

Estos dos perfiles de suelo se caracterizan además por ser de pH ácido en superficie, con valores de 5.6 y 5.8 en el primer horizonte; aunque tienen comportamiento diferente en la saturación por bases, siendo mayor de 50 % en el perfil 14 y menor en el 62 (Tabla XVII).

Es notable, además, que en el perfil 14 la capacidad de intercambio catiónica es menor que en el perfil 62, posiblemente relacionado con el tipo de mineral arcilloso en ambos suelos.

En la Tabla XVIII se observa que ambos suelos tienen un contenido medio (perfil 14) a muy bajo de materia orgánica, son pobres en fósforo asimilable y bajos en potasio asimilable. Esta característica de poca fertilidad posiblemente esté relacionada con su uso agrícola, ya que como se encuentran en la parte baja del relieve de la cuenca, se utilizan en la agricultura para el cultivo de caña de azúcar, pastos y hortalizas.

Tabla XIV. Características físico químicas del Luvisol

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Materia orgánica (%) | C (%) | P asimilable (mg/100g) | K asimilable (mg/100g) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------|-------|------------------------|------------------------|
| 51 | A | 0-30 | 2.9 | 1.68 | 2.8 | 50.7 |
| | B21t | 30-52 | 1.6 | 0.93 | 0.3 | 19.5 |
| | B22t | 52-75 | 0.8 | 0.46 | 0.6 | 27.3 |

Tabla XV. Contenido de materia orgánica y nutriente del Luvisol

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Materia orgánica (%) | C (%) | P asimilable (mg/100g) | K asimilable (mg/100g) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------|-------|------------------------|------------------------|
| 51 | A | 0-30 | 2.9 | 1.68 | 2.8 | 50.7 |
| | B21t | 30-52 | 1.6 | 0.93 | 0.3 | 19.5 |
| | B22t | 52-75 | 0.8 | 0.46 | 0.6 | 27.3 |

Tabla XVI. Composición mecánica y textura de los Gleysoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Porcentaje de fracciones (mm) | | | Textura |
|---------------|-----------|------------------|-------------------------------|------|---------|------------------|
| | | | Arena | Limo | Arcilla | |
| 14 | A11 | 0-20 | 24 | 40 | 36 | Franco Arcillosa |
| | A12g | 20-100 | 24 | 22 | 54 | Arcillosa |
| 62 | A11 | 0-17 | 29 | 29 | 42 | Arcillosa |
| | A12g | 17-40 | 26 | 35 | 39 | Franco Arcillosa |
| | Bg | 40-60 | 42 | 19 | 39 | Franco Arcillosa |
| | BCg | 60-75 | 30 | 19 | 51 | Arcillosa |
| | Cg | 75-110 | 22 | 37 | 41 | Arcillosa |

Tabla XVII. Características físico-químicas de los Gleysoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | pH | cMol(+)kg ⁻¹ | | | | Suma | CIC cMol(+)kg ⁻¹ | Saturación por base (%) |
|---------------|-----------|------------------|-----|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|------|-----------------------------|-------------------------|
| | | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | | | |
| 14 | A11 | 0-20 | 5.8 | 4.4 | 2.0 | 0.6 | 0.2 | 7.2 | 13.5 | 53.3 |
| | A12g | 20-100 | 7.0 | 6.3 | 5.3 | 0.4 | 0.1 | 12.1 | 16.3 | 74.2 |
| 62 | A11 | 0-17 | 5.6 | 3.4 | 9.2 | 1.1 | 0.4 | 14.1 | 33.0 | 42.7 |
| | A12g | 17-40 | 6.7 | 6.9 | 4.6 | 1.7 | 0.2 | 13.4 | 28.4 | 47.2 |
| | Bg | 40-60 | 7.7 | 10.3 | 8.0 | 3.2 | 0.1 | 21.6 | 47.4 | 45.6 |
| | BCg | 60-75 | 7.4 | 6.9 | 9.2 | 2.7 | 0.2 | 19.0 | 46.8 | 40.6 |
| | Cg | 75-110 | 7.3 | 9.2 | 9.2 | 2.0 | 0.6 | 21.0 | 44.4 | 47.3 |

Tabla XVIII. Contenido de materia orgánica y nutriente de los Gleysoles

| Número perfil | Horizonte | Profundidad (cm) | Materia orgánica (%) | C (%) | P asimilable (mg/100g) | K asimilable (mg/100g) |
|---------------|-----------|------------------|----------------------|-------|------------------------|------------------------|
| 14 | A11 | 0-20 | 2.4 | 1.39 | 0.5 | 7.8 |
| | A12g | 20-100 | 0.5 | 0.29 | 0.3 | 3.9 |
| 62 | A11 | 0-17 | 0.3 | 0.17 | - | 15.6 |
| | A12g | 17-40 | 0.3 | 0.17 | - | 7.8 |
| | Bg | 40-60 | 0.3 | 0.17 | - | 3.9 |
| | BCg | 60-75 | 0.3 | 0.17 | - | 7.8 |
| | Cg | 75-110 | 0.3 | 0.17 | - | 23.4 |

CONCLUSIONES

- En la cuenca del río Mololoa, en el estado de Nayarit, México, la formación de suelos conlleva a la formación de varios grupos de suelos, entre los cuales se tienen Andosoles, Alisoles, Luvisoles, Feozems, Cambisoles, Regosoles, Leptosoles, Fluvisoles y Gleysoles.
- Los Andosoles y Alisoles ocurren de forma diferente en tiempo y espacio. Los Andosoles son más recientes, formados de materiales de origen volcánico del cuaternario. Sus propiedades están regidas por varias causas: tipo de material de origen (principalmente piedra pómez), relieve alomado montañoso y clima semicálido húmedo en que se forma. Se caracterizan por ser de perfil AC, con mucha formación de arcilla en el espesor superior y limo en la parte media inferior. Son desaturados de reacción ácida y ricos en el contenido de materia orgánica.
- Los Alisoles son más evolucionados, del tipo ABtC, formados a partir de materiales de composición básica, más antiguos, del terciario, en relieves estables. Son desaturados, ácidos y variables en el contenido de materia orgánica.
- Los Regosoles se presentan asociados mayormente a los Andosoles, pero con menos evolución, formados sobre todo de depósitos de piedra pómez.
- Los Gleysoles se forman en las zonas bajas, son de reacción ácida y pobres de fertilidad debido al uso en la agricultura.
- Los Feozems están situados principalmente en la margen derecha de la cuenca, donde hay materiales de origen de composición básica que propicien una buena acumulación de materia orgánica para su formación.

REFERENCIAS

1. Bojórquez, J. I. y López, J. Levantamiento de suelos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 1995, no. 30, p. 35.
2. Bojórquez, J. I.; Nájera, O.; Hernández, A.; Flores, F.; González, A.; García, D. y Madueño, A. Particularidades de formación y principales suelos de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 4, p. 19-26.
3. Bojórquez, J. I.; Hernández, A.; Nájera, O.; García, D.; Flores, F.; Madueño, A. y Bugarín, R. Características de los suelos Cambisoles y Fluvisoles de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 1, p. 19-24.
4. Bojórquez, J. I.; Hernández, A.; García, D.; Nájera, O.; Flores, F.; Madueño, A. y Bugarín, R. Características de los suelos de llanura de inundación mareal, de las barras paralelas, playas y dunas costeras de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 1, p. 37-42.
5. IUSS Working Group WRB. World reference base for soil resources: A framework for international classification, correlation and communication. 2nd. ed. Rome: FAO. World Soil Resources Reports No. 103, 2006. ISBN 92-5-105511-4.
6. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*, 2002, martes 31 de diciembre.
7. García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. 2a ed., corr. y aum. México: Universidad Nacional Autónoma, 1973. 91p.
8. Shojo, S.; Nanzyo, M. y Dohlgren, R. A. Volcanic ash soil: Genesis, properties and utilization. *Development in Soil Science* 21. Elsevier Science Publishers. The Netherlands, 288p., 1993.
9. Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Morales, M.; Bojórquez, J. I.; García, N. E. y García, J. D. El Suelo: Fundamentos de su formación, cambios globales y su manejo. Tepic, Nayarit: Universidad Autónoma de Nayarit, 2008. 255 p. ISBN: 9688330728.

Recibido: 16 de septiembre de 2008

Aceptado: 23 de octubre de 2009