

MORFOLOGIA Y GENESIS DE SUELOS YESIFEROS DE MATEHUALA, S. L. P.

Por Raúl Grande López¹, Efraím Hernández Xolocotzi², Nicolás Aguilera Herrera³,
y Jean Boulaine⁴.

Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México

Sinopsis

Se describe la morfología y génesis de suelos con horizonte de acumulación de yeso de las llanuras aluviales de la región nororiental del estado de San Luis Potosí. En cuanto a la geomorfología de la zona se señalan su naturaleza cárstica y la presencia de dolinas de hundimiento resultantes de la disolución del yeso en el subsuelo. Se describen cuatro perfiles tipo de la región, uno con horizonte yesífero definido, otro calco-yesífero con dominancia de carbonato sobre el yeso, y dos sin acumulación de yeso, de carácter sódico-calcareo y aluvial respectivamente. Se presentan asimismo los resultados de los análisis de los horizontes de los mismos. Se concluye que se trata de suelos del grupo de los aridisoles, siendo el yesífero del suborden ortid y el calco-yesífero del calcortid.

Summary

A description is made of the morphology and genesis of soils with a horizon of gypsum accumulation of the alluvial plains of the northeastern area of San Luis Potosí. In relation to the geomorphology of the area, its carstic nature is pointed out, as well as the presence of collapsed sinkholes formed by the solution of gypsum in the subsoil. Four typical profiles of the area are described, one with a definite gypsum horizon, another of calcic-gypsum nature with dominance of carbonates over gypsum, and two lacking gypsum accumulation, of sodic-calcareous and alluvial nature respectively. The results of the analysis of the horizons are likewise presented. It is concluded that the soils correspond to the aridisol group, the gypsum bearing one being of the ortid subgroup, and the calcic-gypsum soil of the calcortid subgroup.

Introducción

Los suelos de zonas áridas ocupan grandes extensiones en el mundo y especialmente en nuestro territorio, ya que más del 60% de la República Mexicana se considera como árida y semi-árida. Actualmente los recursos de estas regiones son los que menos se utilizan y la proporción de población de esas zonas, no está en relación con la gran extensión que cubren en México.

Aun cuando la información acerca de las zonas áridas es limitada, estas zonas se consideran de gran riqueza potencial, y debido a las demandas de una población cada día más numerosa, es seguro que tendrán un papel significativo en el desarrollo económico del país.

1. *Dirección actual:* Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, SLP.

2. Rama de Botánica, CP., Chapingo, México.

3. Jefe del Departamento de Edafología, Facultad de Ciencias de la UNAM, Ciudad Universitaria, México, D. F.

4. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Gignion (Seine et Oise). Geologie-Pédologie, France.

El éxito de los proyectos tendientes a una mejor utilización de los recursos agropecuarios de nuestras zonas áridas, así como el éxito de cualquier proyecto que tenga relación con el suelo, requiere necesariamente del conocimiento del mismo, así como de los factores que intervienen en su formación.

Por lo anterior y como una contribución al conocimiento de los suelos de zonas áridas de nuestro país, se consideró conveniente efectuar un estudio morfogénico de los suelos yesíferos de una parte del Altiplano Mexicano; dichos suelos quedan incluidos dentro de la parte Sur del Desierto Chihuahuense y corresponden a los alrededores de Matehuala y Villa de Guadalupe, así como la parte noroccidental de Guadalcázar en el estado de San Luis Potosí.*

Materiales y métodos

Para realizar el estudio morfogénico, se practicó un reconocimiento de la zona obteniendo cuatro tipos de perfiles, que corresponden a las situaciones transicionales y definidas que presentan los suelos yesíferos de la región. De este modo se localizaron los siguientes sitios que están representados por el perfil de suelo correspondiente a la Figura 1:

- P₁. *Un perfil de suelo salino-calcáreo*, desarrollado a partir de una formación superficial de aluviones (areniscas asociadas con caliza) sobre caliza.
- P₂. *Un perfil de suelo yesífero definido*, desarrollado a partir de un estrato portador de yeso. Este representa al suelo con acumulación de yeso típico de la zona.
- P₃. *Un perfil calco-yesífero*, desarrollado sobre roca caliza que corresponde a otra situación definida en la región, que es cuando el CaCO₃ domina sobre la proporción de yeso.
- P₄ y P₅. *Dos perfiles aluviales sin acumulación de yeso*, con varias fases de acarreo y localizados sobre areniscas. Representan la situación de los suelos sin yeso de la zona norte. De estos dos últimos perfiles, uno se obtuvo en la llanura y el otro más cerca de la parte alta, localizando roca basal únicamente en el segundo caso. Se estudiaron éstos para situar la evolución del suelo en función de la topografía.

El muestreo incluyó suelos y rocas basales de cada perfil representativo, haciendo un total de 20 muestras de suelo y 4 de rocas, constituyendo esto el material de trabajo.

* La tesis original presenta una revisión amplia de literatura sobre los antecedentes acerca de la distribución, descripción y génesis de los suelos yesíferos, incluyendo los procesos de alteración de minerales primarios y secundarios; se estudia la naturaleza secundaria de éstos suelos por derivar de rocas basales que han experimentado varios ciclos de alteración; y los mecanismos de acumulación de yeso en el perfil del suelo, así como los procesos geoquímicos y de sedimentación fluvio-lacustre en cuencas continentales que originan la acumulación superficial o subterránea del yeso en el suelo. Finalmente, se estudia la influencia de la acumulación de yeso en la geomorfología de la zona, y las formas de topografía locales debido a procesos de erosión kárstica (dolinas). Se mencionan las formas en que se presenta el yeso en el perfil de suelo y la influencia de los factores formadores de estos suelos, así como sus relaciones con el ambiente pedo-ecológico.

Para seguir una ordenación genética en el proceso formador del suelo yesífero, complementar las observaciones de campo y evaluar la significación de los datos de laboratorio, a continuación se presenta una descripción de la zona de trabajo que comprende: localización, geología, climatología y clasificación del clima de acuerdo con las modificaciones propuestas por García (1964), así como el tipo de vegetación (Rzedowski, 1961).

Localización de la zona

El presente trabajo trata sobre la morfología y génesis de suelos con acumulación de yeso de una llanura aluvial que se localiza en los alrededores del Municipio de Matehuala, en la parte occidental de Villa de Guadalupe y norte de Huizache (Municipio de Guadalcázar) en el estado de San Luis Potosí. La zona presenta una forma aproximadamente rectangular y se extiende hacia el norte continuándose en el Municipio de Cedral; con altura promedio de 1,450 msnm. La región queda localizada entre los 23°29' y 23°00' latitud norte y los 100°30' a 100°45' al oeste de Greenwich, la superficie cubre aproximadamente 16,000 km² distribuidos en un rectángulo dirigido hacia el norte de 80 x 20 km.

Geología. Dado que la región se localiza en el Altiplano Mexicano, la geología de la zona está relacionada en gran parte con las alteraciones de los ciclos geológicos que ha experimentado la Altiplanicie. Debido a la falta de rocas representativas anteriores al Paleozoico Inferior, no es posible obtener conclusiones definitivas de lo que aconteció en esas épocas, aunque es posible que haya habido períodos de emergencia, particularmente en el Paleozoico Medio (Silúrico y Devónico). Al parecer todo el territorio del estado de San Luis Potosí, permaneció sumergido en el Paleozoico Superior. Las invasiones marinas del Triásico fueron cortas por lo que al parecer este período se considera como de regresión, en el cual la erosión fue muy activa. Durante el Terciario se desarrolló un ciclo de sedimentación fluvio-lacustre, interrumpido por la actividad volcánica del Mioceno y Plioceno. A principios del Terciario se pliega en forma definitiva la Sierra Madre Oriental y posiblemente también otras sierras calizas. A partir de este período la región que posteriormente se elevaría para constituir el Altiplano a su nivel actual permanece emergida, predominando el clima árido durante algunos períodos, lo que ocasionó la acumulación de depósitos aluviales, rellenando depresiones y originándose los grandes abanicos aluviales al pie de las sierras.

Ocasionalmente las depresiones funcionaron como lagunas o lagos durante períodos climáticos más húmedos del Cuaternario y la temperatura sufrió variaciones que es posible atribuir a los fenómenos de glaciaciones relacionados con desplazamientos de masas de hielos ocurridos más al norte (Flint, 1963). Estas variaciones de temperatura parecen tener relación con el levantamiento del Altiplano a su nivel actual, y aunque se cree (Schuchert, 1935) que este movimiento epeirogénico tuvo lugar en épocas relativamente recientes (Plioceno y Pleistoceno) no todas las pruebas geológicas comprueban este punto de vista.

Las rocas sedimentarias son las que destacan en la zona y están representadas por calizas y evaporitas, en su mayoría del Cretácico Superior y en menor propor-

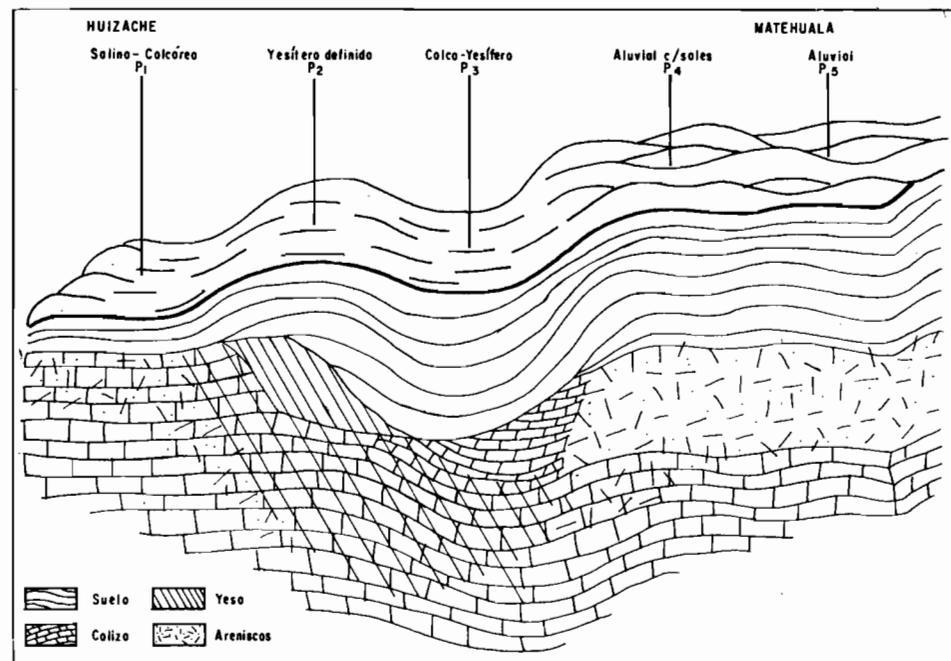


Figura 1. Representación esquemática de los perfiles representativos y sus materiales basales.

ción del Cretácico Inferior, que se encuentran asociadas con areniscas y entre los bancos de calizas se intercalan estratos de yeso cristalino. La composición de los aluviones está en función de la roca de la cual provienen y de la topografía del lugar, ya que en donde el drenaje es reducido los materiales se presentan con sales.

Las dilatadas y siempre uniformes llanuras se consideran como residuos de montañas antiguas rebajadas a las condiciones actuales por ablación, y sobre las cuales descansan cerros con bordes arredondados, que atestiguan la existencia de formaciones antiguamente más extensas, hoy desaparecidas. Las fases lluviosa y glaciaria que tanto influyeron en el hemisferio septentrional alcanzan gran importancia en la zona, en contraste con el actual período seco; esto queda demostrado en nuestro país por la existencia de bolsones (suelos planos, restos de antiguas cuencas cerradas) y los caracteres desérticos que evidencian los avances actuales del clima seco.

Por lo anterior, el origen del yeso en la zona puede atribuirse a dos causas: una que correspondería a la precipitación o cristalización a partir de aguas marinas (Posnjak, 1940) ocurrida en períodos geológicos antiguos en una cuenca cerrada; la segunda corresponde a un origen relativamente contemporáneo (Pleistoceno) y dadas las características de dominancia de largos períodos de aridez, las condiciones climáticas de mayor humedad necesarias para atribuir una solubilidad de estratos de yeso distantes y su deposición en el lugar que ahora incide, habría que situarlas en los períodos de glaciación, cuyas variaciones de temperatura ocasionarían primero, una mayor captación de agua en su fase sólida en las partes altas y posteriormente, como consecuencia de variaciones de temperatura, una fusión de la misma, origi-

CUADRO 1

Precipitación anual y temperatura media anual para el período comprendido de los años de 1954 a 1963. Datos obtenidos del Servicio Meteorológico Mexicano para el Municipio de Matehuala, S.L.P.

AÑOS	PRECIPITACION TOTAL (en mm)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (en ° C)
1954	241.5	19.9
1955	507.8	20.6
1956	368.2	20.7
1957	277.5	21.3
1958	733.5	20.3
1959	446.0	19.9
1960	494.5	20.7
1961	435.0	20.5
1962	396.0	20.0
1963	535.0	19.1

Precipitación mensual y temperatura media mensual para el período comprendido de 1954 a 1963. Datos del Servicio Meteorológico Mexicano para el Municipio de Matehuala, S.L.P.

MESES	PRECIPITACION MENSUAL (en mm)	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (en ° C)
Enero	7.0	14.4
Febrero	7.1	16.7
Marzo	2.9	19.3
Abril	29.9	22.2
Mayo	58.7	23.7
Junio	77.7	24.6
Julio	51.4	23.5
Agosto	68.0	24.1
Septiembre	57.7	22.8
Octubre	48.5	20.5
Noviembre	18.7	17.3
Diciembre	14.3	15.7

Las coordenadas geodésicas de Matehuala son:
23°39' Latitud Norte; 100°38' Latitud Oeste de Greenwich; 1,581 msnm

nando de este modo la solubilidad y posterior deposición del yeso en los abanicos aluviales yesíferos actuales

Climatología y clasificación del clima. De las cifras del Cuadro 1 se observa que la zona de acumulación de yeso en que se trabaja, está comprendida dentro del área de la isoterma de 20° C. Los meses más fríos van de noviembre a marzo. En Matehuala la temperatura media anual es de 24.3° C y la precipitación total en mm es 423; la dirección de los vientos dominantes es hacia el S y SE, siendo estos vientos secos, moderados y débiles que ocurren en periodos de 60 días y por lo general se presentan en el mes de febrero. El arrastre de partículas de tierra por estos vientos se asemejan en algunos rasgos a las tempestades de arena de tipo desértico.

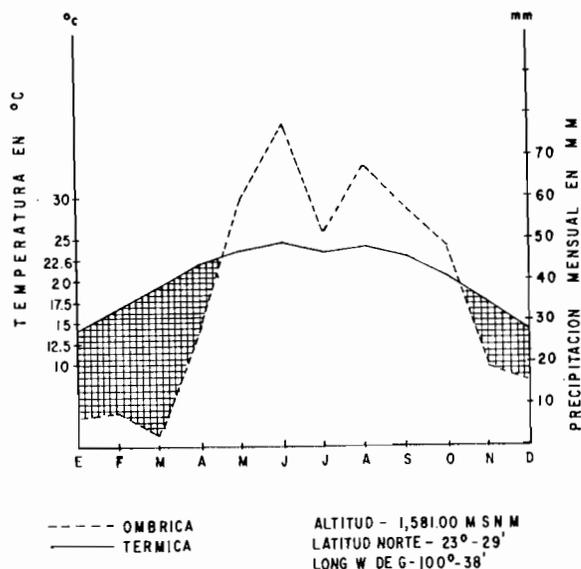


Figura 2. Diagrama ombrotérmico para el municipio de Matehuala. Datos correspondientes a un período de 10 años: la zona sombreada indica el período de sequía que se produce cuando el doble de la T_m es mayor que la P_m .

Los macizos montañosos existentes y dispuestos en forma longitudinal con dirección N-S influyen sobre la aridez de la Altiplanicie, puesto que ejercen un efecto de sombra orográfica, particularmente la Sierra Madre Oriental, que interfiere a la penetración de la humedad llevada por los vientos alisios del Golfo de México. La Figura 2 muestra los meses secos (achurados) y fue construida siguiendo el criterio de Gaussen-Bagnus (Boulaine, 1964).

Con base en los datos climáticos y con relación a la vegetación, se obtiene un clima cuya fórmula (Koeppen, 1948) corresponde a:

BShwg

De acuerdo con la modificación al sistema de clasificación climática de Koeppen, propuesta por García (1964), se tiene que la temperatura media anual corresponde a 20.3° C, con el mes más frío (enero) de 14.4° C, un porcentaje de precipitación invernal inferior al 5% de la precipitación anual con marzo, siendo marzo el mes más seco (2.9 mm); el mes de junio es el más caliente (24.6° C) y

una oscilación térmica inferior a 11° C. Como la relación P/T es menor de 22.9, la fórmula modificada será:

$$BS_{0w}(w)$$

Vegetación. Las condiciones climáticas y la diversificación del suelo, son los factores de mayor influencia en la distribución de las asociaciones vegetativas. De acuerdo con el mapa de vegetación del estado de San Luis Potosí (Rzedowski, 1961), la zona corresponde a un tipo clasificado como MATORRAL DESERTICO MICRO-FILO, que se localiza en los terrenos planos y las partes inferiores de los cerros del Altiplano Potosino. La vegetación está condicionada por un clima francamente árido, y suelos que descansan sobre depósitos profundos, acumulados en los fondos de valles o depresiones, ocupando las laderas de los cerros calcáreos o calco-yesíferos. Entre las especies que más destacan están: *Yucca jilijera*, *Bouteloua chasei*, *Agave lechuguilla*, *Euphorbia antisiphylitica* y *Yucca carnerosana* en las elevaciones. De las gramíneas los principales géneros son: *Bouteloua*, *Sporobolus* y *Buchloe*.

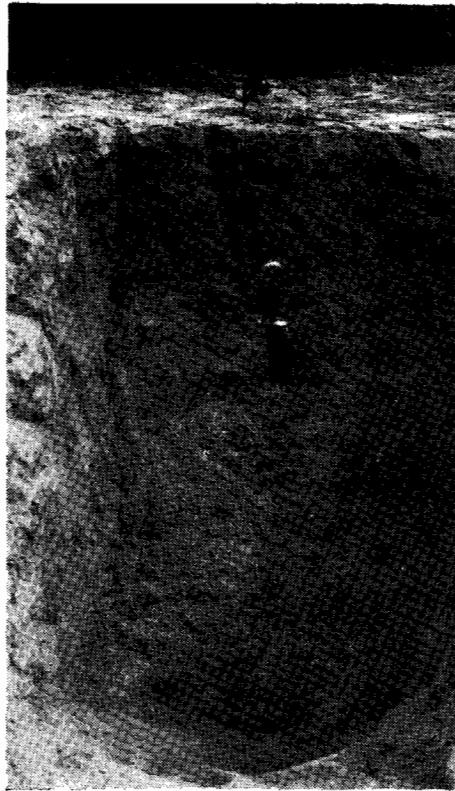
Resultados y discusión

Determinaciones efectuadas en suelos

En los cuadros 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan descripciones de los perfiles y datos de campo. En los cuadros del 7 a 11, se presentan los resultados de análisis de laboratorio para: color en estado seco y en estado húmedo, porcentaje de saturación, capacidad de intercambio catiónico efectuado en las fracciones menores de 0.002 mm de diámetro, textura, conductividad eléctrica y concentraciones iónicas efectuadas en el extracto de saturación para aniones ($\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , Cl^- y $\text{SO}_4^{=}$) y cationes (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+). Se proporcionan valores de pH tomados en suspensión acuosa salina y en pasta saturada de suelo; porcentajes de yeso, carbonatos totales expresados en términos de CaCO_3 ; cuanteo del contenido de carbono orgánico y en función de éste, se obtuvo el porcentaje de materia orgánica, se analizó el contenido de nitrógeno total y se calculó la relación C/N. Se presentan datos para pérdida de H_2O de los horizontes de suelo a intervalos de 100° C, a partir de esta temperatura hasta 1000° C, y resultados de análisis químicos por fusión alcalina y ácida, se presentan los porcentos de: SiO_2 , FeO_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O y porcentajes de CO_2 y SO_3 .

Los análisis por difracción de rayos X se practicaron en rocas basales, suelo total y fracciones arcillosas menores de 0.002 mm de diámetro. De las rocas basales se presentan datos analíticos correspondientes a los análisis totales por fusión alcalina y digestión ácida.

Con base en los datos analíticos, descripciones de perfiles y datos de campo, se expone una discusión de los resultados enfocada desde dos aspectos: uno que corresponde a la discusión en forma individual de los perfiles y otro del perfil Yesífero en relación a los perfiles restantes.



CUADRO 2
DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL
PERFIL No. 1

(Salino - Calcáreo)

Localización: \pm 15 Km al N-NE de
Huizache

Municipio : Guadalcázar, S.L.P.

Altitud : 1,320 msnm

Utilización : Pastoreo

Erosión : Eólica poco apreciable

Vegetación : Matorral desértico micró-
filo, domina *Larrea* sp.

Clima : BS_{0w}(w)

Material

basal : Formación superficial de
aluviones, asociación de
calizas con areniscas

Perfil salino-calcáreo sin acumulación de yeso.

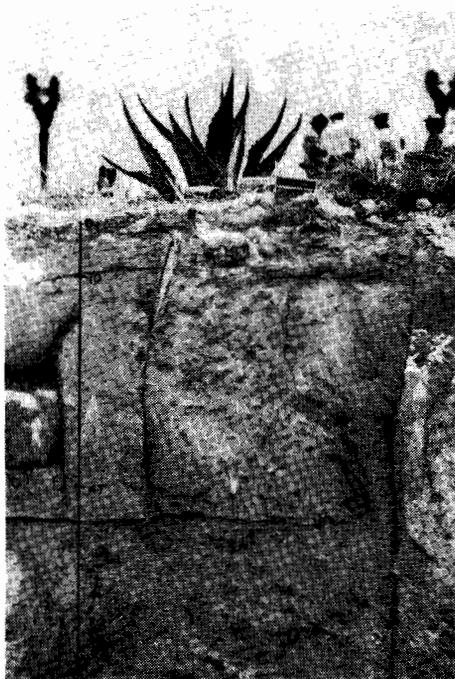
HORIZONTES	PROFUNDIDAD (en cm)	DESCRIPCION
A	0 - 5	Color en seco: gris cafésáceo claro; en húmedo: café grisáceo oscuro. Textura limosa, estructura escamosa, presenta placas de limos con superficies casi planas, la parte inferior de las placas tiene superficie irregular, con fisuras y microgrietas en la superficie. Se observan raíces.
B	5 - 26	Color en seco: gris claro; en húmedo: café. Textura limosa, estructura nuciforme irregular pero friable, de aspecto pulverulento con agregados, transición gradual.
B ₁	26 - 38	Color en seco: café muy pálido; en húmedo: café pálido. Textura areno-limosa, estructura masiva, presenta gruesos agregados asociados con calcáreo, aspecto de un banco sólido discontinuo. Transición clara.
C	38 - 110	Color en seco: café muy pálido; en húmedo: café amarillento pálido. Textura arenosa, sin estructura apreciable, calcáreo mezclado con arenas.

OBSERVACIONES: Este Perfil corresponde a la zona sur adyacente a los suelos yesíferos, y representa las condiciones de los suelos sin acumulación de yeso.

CUADRO No. 3

DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL
PERFIL No. 2

(Yesífero definido)

Localización: ± 5 km al S del Carmen

Municipio : Matehuala, S.L.P.

Altitud : 1,450 msnm

Utilización : Pastoreo

Erosión : Eólica poco apreciable

Vegetación : Matorral desértico micró-
filo *Yucca* sp. *Opuntia*
spp. *Larrea* y *Agave* sp.Clima : BS₀w(w)

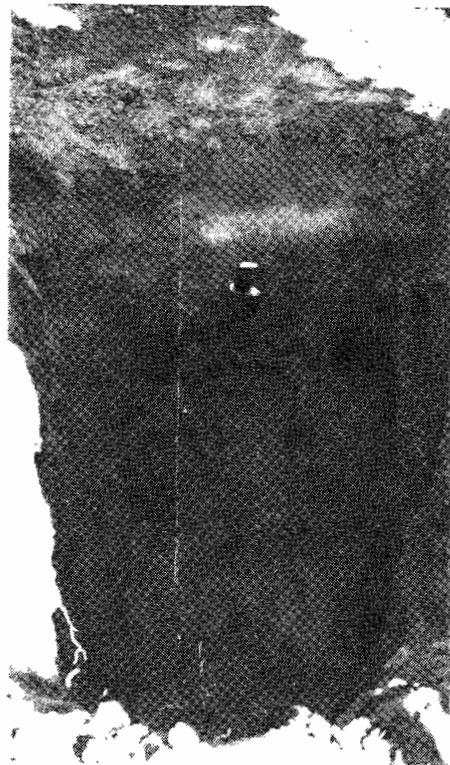
Material

basal : Estratos de yeso.

Perfil yesífero definido.

HORIZONTES	PROFUNDIDAD (en cm)	DESCRIPCION
A	0 - 10	Color en seco: blanco; en húmedo: gris claro. Textura limosa, estructura laminar con material fino granulado y pulverulento.
A ₁	10 - 47	Color en seco: rosado; en húmedo: rosado. Masa compactada en grandes prismas de lados planos muy porosos, textura limosa.
B	47 - 70	Color en seco: café muy pálido; en húmedo: café amarillento claro. Textura limosa, sin estructura con cristales de yeso y polvo suelto.
C	70 - 90	Color en seco: blanco; en húmedo: gris claro. Textura limosa, sin estructura con material granulado grueso y fino, gran cantidad de yeso en cristales.

OBSERVACIONES: Este perfil representa un suelo con acumulación de yeso en todos los horizontes; la reacción al ácido no es enérgica, lo cual confirma que domina la proporción de yeso. Temperatura leída a las 13 horas (Agosto de 1964) a una profundidad de 3 cm, 51° C, y a 15 cm, 28° C.



CUADRO No. 4

DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL
PERFIL No. 3
(Calco - Yesífero)

Localización: ± 30 km al S de Matehuala

Municipio : Matehuala, S.L.P.

Altitud : 1,380 msnm

Utilización : Pastoreo

Erosión : No se aprecia

Vegetación : Matorral desértico Micrófilo domina *Yucca filifera*.

Clima : BS₀w(w)

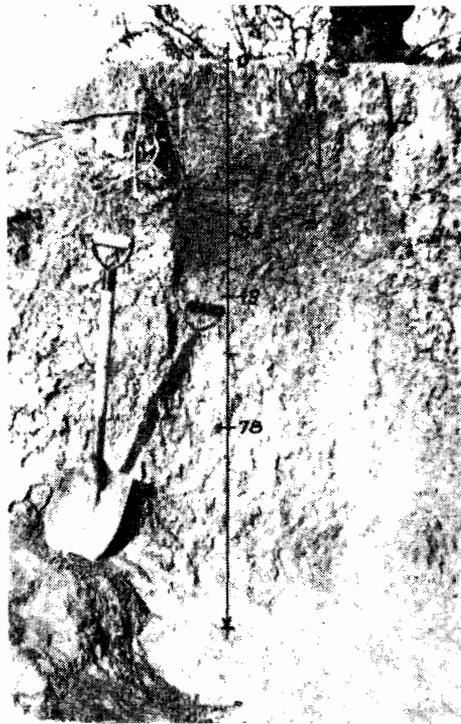
Material

basal : Estrato calizo

Perfil calco-yesífero localizado en el fondo de una dolina.

HORIZONTES	PROFUNDIDAD (en cm)	DESCRIPCION
A	0 - 28	Color en seco: gris cafésáceo claro; en húmedo: gris. Textura limosa, estructura laminar. Reacción energética al ácido.
A ₁	28 - 58	Color en seco: café muy pálido; en húmedo: gris cafésáceo claro. Textura limosa, estructura masiva, agregados calcáreos. Reacción energética al ácido, material granular fino con pequeños cristales de yeso.
B	58 - 62	Color en seco: café muy pálido; en húmedo: café muy pálido. Textura limosa, sin estructura, mayor proporción de fragmentos calcáreos. Reacción violenta al ácido, yeso en pequeños cristales.
B ₁	62 - 78	Color en seco: café muy pálido; en húmedo: café muy pálido. Textura limosa, sin estructura, reacción violenta al ácido, poco yeso.
C	78 - 94	Color en seco: blanco; en húmedo: blanco. Textura limosa sin estructura, reacción violenta al ácido, con cristales de yeso pequeños y fragmentos de caliza.

OBSERVACIONES: Este perfil se obtuvo en el fondo de una dolina y representa un suelo en donde domina la proporción de carbonatos en todos los horizontes, el yeso escasea en el horizonte superficial.



CUADRO No. 5

DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL
PERFIL No. 4

(aluvial con acumulación de sales)

Localización: \pm 2 km al S de Matehuala

Municipio : Matchuala, S.L.P.

Altitud : 1,580 msnm

Utilización : Pastoreo

Erosión : Eólica e hídrica poco apreciable

Vegetación : Matorral desértico micrófilo domina *Prosopis sp.*Clima : BS₀w(w)

Material

basal : Areniscas asociadas con calizas.

Perfil de suelo aluvial con acumulación de sales.

HORIZONTES	PROFUNDIDAD (en cm)	DESCRIPCION
A	0 - 35	Color en seco: café grisáceo; en húmedo: café oscuro. Textura limosa, estructura poliédrica grumosa desarrollada.
A ₁	35 - 49	Color en seco: gris cafésáceo claro; en húmedo: café oscuro. Textura limo-arcillosa, estructura poliédrica.
B	49 - 78	Color en seco: café; en húmedo: café oscuro. Textura limo-arcillosa, estructura poliédrica menos desarrollada.
C	más de 78	Color en seco: gris claro; en húmedo: café amarillento oscuro. Textura limo-arcillosa, igual estructura.

OBSERVACIONES: La acumulación superficial muestra gran proporción de carbonatos, sobre todo en la parte inferior; también se observan separados de cuarzo, por lo que presenta un suelo aluvial complejo con 2 fases de acarreo definidas y acumulación de sales. Corresponde a las condiciones de suelos sin acumulación de yeso adyacentes a la parte Norte.

CUADRO No. 6

DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL PERFIL No. 5

(Suelo aluvial sin acumulación de sales)

Localización: \pm 10 km al N NE del Plan

Municipio : Matehuala, S.L.P.

Altitud : 1.590 msnm

Utilización : Pastoreo

Erosión : Eólica e hídrica

Vegetación : Matorral desértico micrófilo domina *Prosopis*, *Celtis*

Clima : BS_{0w}(w)

Material

basal : Areniscas sobre calizas

HORIZONTES	PROFUNDIDAD (en cm)	DESCRIPCION
A	0 - 30	Color en seco: café grisáceo; en húmedo: café oscuro. Textura limosa, estructura poliédrica desarrollada, gravas finas y trozos de cuarzo y caliza en la superficie.
B	30 - 58	Color en seco: café pálido; en húmedo: café oscuro. Textura limo-arcillosa, estructura poliédrica menos desarrollada.
C	58 - 85	Color en seco: gris cafésáceo claro; en húmedo: café oscuro, textura limo-arcillosa y estructura poliédrica.

OBSERVACIONES: Este perfil es muy semejante al anterior, la diferencia está en el espesor del perfil, se estudió para establecer comparaciones entre el suelo aluvial desarrollado y el suelo aluvial poco desarrollado, que corresponde a este perfil. También presenta 2 fases de acarreo habiendo sido obtenido más cerca de las partes altas, y representa la condición de los suelos sin yeso de la zona norte adyacente a los yesíferos definidos.

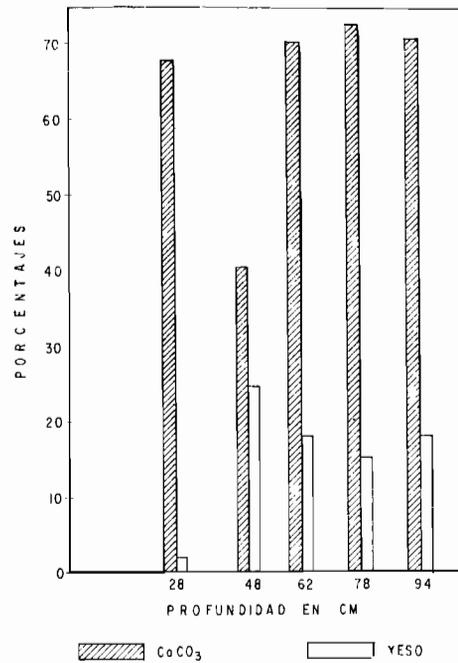


Figura 3. Histograma del perfil No. 2 (yesífero definido). Muestra la dominancia en proporción de yeso sobre el CaCO_3 .

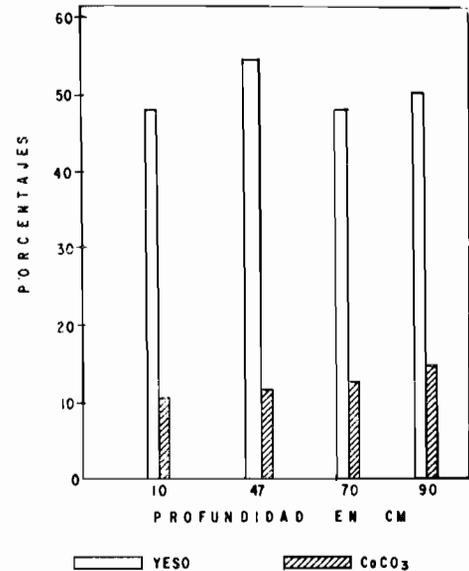


Figura 3a. Histograma del perfil No. 3 (calco yesífero). Muestra la dominancia en proporción del CaCO_3 sobre el yeso.

A partir de la discusión anterior, se establece que los suelos yesíferos inciden en la llanura que se extiende entre las elevaciones circundantes; esta llanura es a veces discontinua, lo que da por resultado variaciones en el contenido de yeso en el perfil; pero siempre se mantiene abundante alrededor del 50% (Figura 3). Cuando se asocia el yeso con CaCO_3 disminuye la proporción del sulfato (entre 15 y 25% Figura 3a) y la abundancia del yeso en el suelo y en los materiales basales es responsable de fenómenos de topografía kárstica que se encuentra en forma de dolinas de hundimiento.

La topografía ejerce una influencia decisiva en la localización del horizonte de acumulación de yeso, en regiones con paisaje kárstico y morfología de zonas yesíferas, se presentan dolinas de hundimiento; la presencia de embudos, avernos, simas, torcas u hoyones son consecuencia de la significación de la topografía en el control de las áreas locales de suelos con yeso. Esta influencia está condicionada por los efectos climáticos.

El yeso estratificado entre calizas, da por resultado que la superficie exterior de la llanura se vea interrumpida por depresiones (dolinas); la formación de éstas consta de tres fases (Figura 4): la primera corresponde a la fase inicial cuando empieza la disolución del estrato de yeso; la segunda esquematiza el efecto de la disolución parcial del estrato de yeso y la formación de la caverna; la tercera (o fase c) representa el derrumbe que da por resultado la configuración ondulada exterior. Las últimas dos fases corresponden a las condiciones naturales de la Figura 5.

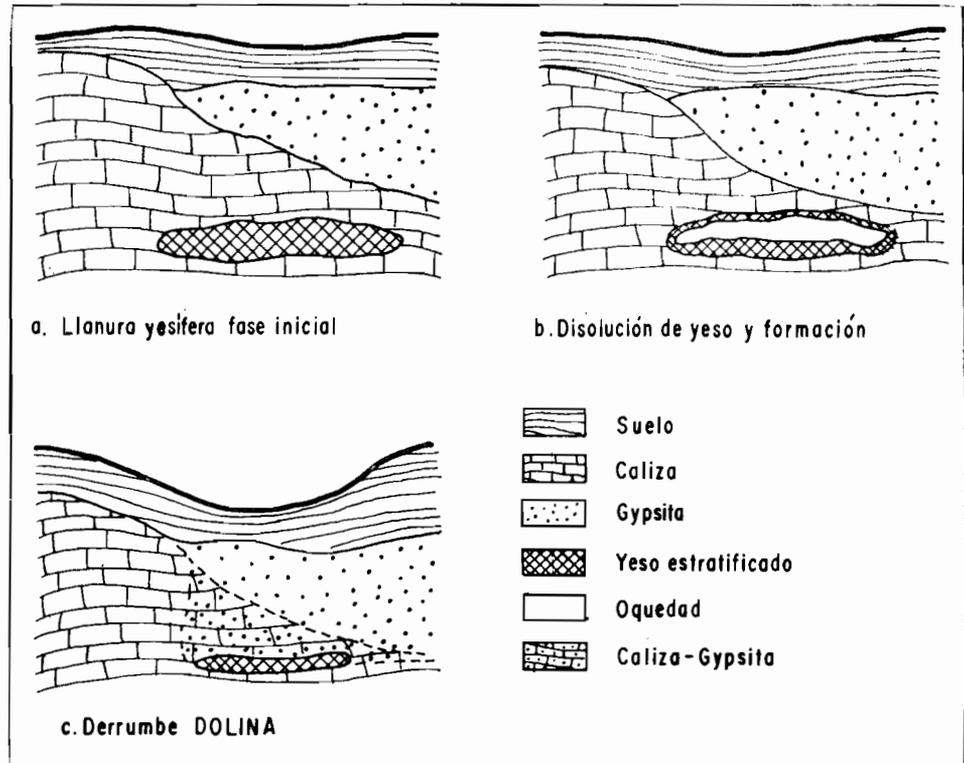


Figura 4. Secuencia del proceso de formación de dolina de hundimiento por disolución parcial de estratos de yeso intercalados entre calizas.

Figura 5. Oquedad producida por disolución parcial de estratos de yeso intercalados entre calizas; esta situación corresponde a la fase b de la Figura 4. Localidad. "El Carmen", municipio de Matehuala, S.L.P.



Estos suelos no presentan horizontes bien desarrollados y formados dentro de procesos pedogénicos completos, sino que más bien se tiene una acumulación de minerales en estrecha relación con el material basal. Muestran un contenido bajo de arcillas, llegando a alcanzar un 2% en el horizonte de acumulación de yeso; los minerales identificados en la fracción arcillosa corresponden al grupo de la ilita y montmorilonita, siendo notoria la presencia de interstratificación de material (Harrison, 1958). En el suelo total domina el yeso en buen estado de cristalización, como lo muestra la Figura 6 en donde se identificaron 17 valores d/N correspondientes a yeso.

Cuando el yeso se asocia con el CaCO_3 hay dominancia del carbonato y la acumulación del sulfato tiende al segundo horizonte principalmente (Figura 3). Las condiciones de aridez, y especialmente la topografía y la reducida precipitación son los factores que más detienen el desarrollo del suelo, por lo que la acumulación de capas o lechos semejan horizontes incipientes cuya formación se debe principalmente a las condiciones físicas y muchas de sus propiedades son determinadas por agentes eólicos.

Los suelos yesíferos localizados en el Altiplano reúnen las propiedades morfo-genéticas de los ARIDISOLES; son suelos de las regiones secas, con un epipedón ócrico y un horizonte de acumulación de yeso, al que se asocia un horizonte adicional cálcico, cumplen asimismo las siguientes propiedades de los Aridisoles:

- a) Suelos usualmente secos, poseen un horizonte cálcico que subyace inmediatamente debajo de un epipedón ócrico calcáreo.
- b) Además del epipedón ócrico, su extracto de saturación presenta conductividades eléctricas mayores de 1 mmho/cm a 25° C, a cierta profundidad poseen un horizonte de acumulación de material soluble (yeso).
- c) El horizonte argílico no se encuentra o se presenta muy poco desarrollado.

El sub-orden ORTID, satisface las especificaciones para los suelos yesíferos, ya que además del epipedón ócrico tiene el horizonte aluvial de material soluble en agua (yeso), consta asimismo del horizonte cálcico y/o el horizonte de acumulación de yeso, pero sin el horizonte sálico suprayacente, por lo que se compara al grupo de los CALCORTID. (USDA, 1960).

Conclusiones

a) Estos suelos son de origen secundario debido a que el material que les ha dado origen proviene de rocas sedimentarias del grupo de las evaporitas y precipitados (yeso y caliza), por lo que las rocas basales provienen de la alteración de rocas pre-existentes.

b) El yeso se encuentra asociado con el CaCO_3 y aun cuando las acumulaciones del sulfato están definidas en la región, en los fondos de las dolinas tiende a predominar el CaCO_3 por efecto de disolución del yeso.

c) Son suelos aluviales poco desarrollados que presentan varias fases de acarreo y ocasionalmente se llegan a cubrir de un delgado horizonte (no mayor de 10 cm) de suelo no yesífero de origen eólico.

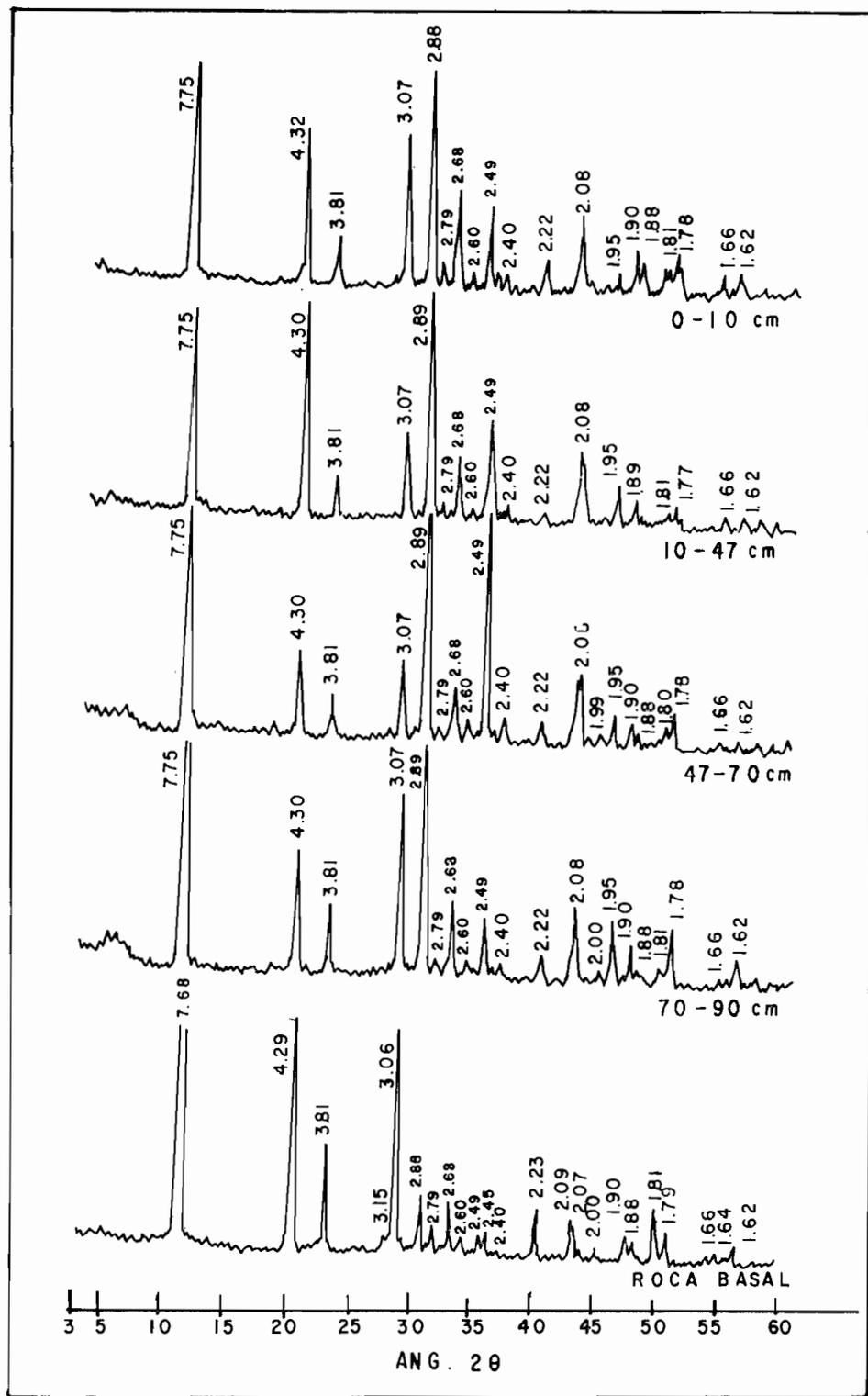


Figura 6. Análisis por difracción de Rayos X en suelo total desarrollado sobre estratos yesíferos (Perfil No. 2). Valores d/n para yeso ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), excepto 2.88 y 2.89 Å que corresponden a láminas de agua.

d) Como resultado de la poca evolución del suelo, se ha producido poca cantidad de minerales arcillosos, en lo que tiene una función importante el aporte eólico. Las inclusiones provienen de las zonas en donde se realiza la salinización y las condiciones ejercidas por el medio.

e) El paisaje árido evidencia signos de senectud; sin embargo el suelo es inmaduro, debido a que el desarrollo del perfil no está directamente en función del tiempo, sino de las condiciones predominantes que tienden a interferir al desarrollo del suelo. Por esto se piensa que son suelos antiguos pero poco desarrollados.

f) La presencia de dolinas se debe en gran parte a la acumulación de yeso, y son dolinas de hundimiento; es decir que su origen está en la disolución de los estratos de yeso de las partes inferiores, por lo que los hundimientos se producen lentamente sin derrumbes violentos.

g) Son suelos desilicificados por estar constituidos en su mayor parte por sales y minerales simples, la materia orgánica se incorpora lentamente al suelo por efecto de la reducida actividad microbiana, resultado de la poca humedad y altas temperaturas que origina una desecación rápida y completa de la materia orgánica, más que una descomposición.

h) De la clasificación americana, quedaría incluido dentro de los ARIDISOLS por ser suelo de regiones secas, con un epipedón ócrico y horizontes adicionales (cálcico o gípsico); como los ORTID, contiene un horizonte de acumulación (yeso) e igual que los CALCORTID no contiene el horizonte sálico subyacente, sino que hay dominancia de yeso (material soluble en agua) y la mineralogía arcillosa incluye materiales relación 2:1.

i) Dado que en estos suelos el factor limitante más decisivo es la carencia de agua, con base en esto y en las condiciones morfogenéticas encontradas, queda por determinar el manejo más adecuado para estos suelos, lo que se traducirá en una mejor utilización de los suelos de la zona.

j) El proceso genético en que se desarrolla la formación del perfil; sigue una tendencia a formar suelos poco desarrollados y con zonas de acumulación en estrecha relación al material basal.

Bibliografía consultada

- BOULAINÉ, J. (1960). *Pedología sub-tropical, suelos de las regiones sub-áridas y mediterráneas*. Curso Semestral, Apuntes, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Méx.
- FLINT, R. F. (1963). *Glacial and Pleistocene Geology*. John Wiley & Sons, Inc. London 553 pp.
- GARCÍA ENRIQUETA. (1964). *Modificación al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Ed. E. García, Calle Chicago 113. México 18, D. F., 71 pp.
- HARRISON, JACK L. (1958). *Clay partings in Gypsum deposits*. In: Clay and Clay minerals, Ed. Earl Ingerson, Vol. 5:195-199, The McMillan Co.
- WILHELM KOEPPEN (1948). *Climatología*. Fondo de Cultura Económica, México 478 pp.
- RZEDOWSKY, J. (1966). *Vegetación del estado de San Luis Potosí*. Sobretiro de Act. Cient. Potos. Vol. V, Nos. 1 y 2, 1965, Contribución No. 20 del I. IZ. D., UA de SLP, 291 pp.
- SCHUCHERT, C. (1935). *Historical geology of the antillean-caribbean region*. John Wiley, New York, 811 pp.
- POSNJACK, E. (1940). *Deposition of calcium sulfate from sea water*. Am. J. Sci. t 238: 539-568.
- U. S. D. A. (1960). *Soil classification a comprehensive system*. 7th Approximation. Soil Survey Staff, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.