

CARACTERIZACION DE LOS SUELOS EN UNA ZONA DE VILLA DE COS, ZACATECAS

*Gilberto Hernández-Silva**

RESUMEN

Ubicada en una zona semiárida, el área de estudio abarca 6,385 has., en las que predominan los aluviones del Cuaternario y, en menor proporción, areniscas y lutitas del Cretácico Superior. Pertenece a la cuenca hidrológica interior de El Salado, con clima seco templado y vegetación en la que principalmente predominan las asociaciones de cactáceas, matorral inerme perennifolio y áreas reducidas de pastizales.

Se efectuaron 21 perfiles de acuerdo con las características del terreno, muestreándose por capas y horizontes y se obtuvieron 130 muestras a las que se practicaron análisis físicoquímicos; también se hicieron observaciones de campo de los perfiles muestreados.

Se discutieron los conceptos genéticos y morfológicos de los suelos de la zona de estudio, así como la química de las sales más abundantes; con base en todas estas características, se clasificaron los suelos de acuerdo a la "Clasificación de Suelos, un Sistema Comprensivo, 7a. Aproximación" (1960), predominando las siguientes unidades: Petrocalcic Calciorthid, Typic Calciorthid, Lithic Camborthisid, Petrocalcic Camborthisid y, en menor proporción, Calcic Aquargid e Hidric Natrargid. Mediante métodos fotointerpretativos, se realizó el mapa de suelos correspondiente.

ABSTRACT

Located in a semi-arid zone, the area under study covers 6,385 hectares in which alluvions from the Quaternary predominate and, in a lower proportion, sandstone and lutites. It belongs to the closed hydrological basin of El Salado. Its climate is dry and temperate; the prevailing vegetation is formed by associations of cactaceous, inerm, evergreen bushes, as well as reduced areas of grassland.

Twenty one profiles were made according to land characteristics, sampling was carried out by layers and horizons. A total of 130 samples was gathered and analyzed, both physically and chemically; field observations of the profiles were also made.

Genetic and morphological concepts of soils, as well as the chemistry of dominant salts within the area of study were discussed. On the basis of all these characteristics, soils were classified according to the "Classification of Soils, a Comprehensive System, 7th Approximation" (1960), predominating the following units: Petrocalcic Calciorthid, Typic Calciorthid, Lithic Camborthisid, Petrocalcic Camborthisid and, in a lower proportion, Calcic Aquargid and Hydric Natrargid. By means of photointerpretative methods, the corresponding map of soils was done.

INTRODUCCION

El límite entre el concepto de aridez y el de no aridez es convencional; puede variar según el criterio de la persona que lo establezca. Los confines establecidos en ocasiones no están bien determinados, ya que es frecuente la existencia de zonas de transición en las cuales es difícil decidir si una zona es o no árida.

La delimitación de las zonas áridas generalmente se basa en aspectos climáticos; sin embargo, desde el punto de vista de la aridez, una zona no puede considerarse árida tomando en cuenta únicamente el parámetro climático. Dentro de las condiciones ambientales que configuran una zona árida o semiárida, por su importancia destaca el suelo; sobre este medio ambiente el hombre ejerce una gran influencia y una gran dependencia.

Las características físicas, químicas y morfogenéticas del suelo actúan decididamente sobre la relación suelo árido-agua-vegetación. La naturaleza y los niveles de las sales

contenidas en un suelo son aspectos que, en sí, constituyen un serio problema para su utilización. La lluvia o el riego de grandes extensiones puede provocar la elevación de aguas freáticas hacia la superficie, dando como resultado posterior una acumulación de sales perjudiciales para las plantas a través del perfil del suelo. Con las precipitaciones tan escasas, inciertas e irregulares en las zonas áridas y semiáridas, los cultivos de temporal son inseguros. Cuando se encuentra agua para riego, los suelos de estas regiones áridas y semiáridas pueden resultar productivos, siempre y cuando se apliquen las técnicas adecuadas para la conservación de las condiciones óptimas del suelo, con objeto de obtener alta fertilidad; de no ser así, puede contribuirse fácilmente a la desertificación.

Entonces, es innegable que siendo los equilibrios biológicos de las zonas áridas y semiáridas frágiles e inestables, cualquier elemento de alteración sólo deberá introducirse mediante un estudio adecuado de las condiciones locales. La dinámica del desierto existe, aunque el clima siga siendo el mismo; el hombre es capaz de modificar las propiedades del suelo, la hidrología y la capacidad reguladora de las áreas

*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D. F.

vegetativas, aunque desafortunadamente, por antonomasia, tiende a ser destructor de sus propios recursos y, por ello, no es raro que las regiones áridas y semiáridas se estén incrementando. Impedir que el desierto en todas sus formas siga extendiéndose es tan importante como recuperar aquellas regiones que han sido desiertos durante tantos siglos. El presente artículo constituye el inicio de unas investigaciones que realizará el Departamento de Edafología del Instituto de Geología sobre zonas áridas, semiáridas y de desertificación en el país.

Localización geográfica.- La zona de estudio se encuentra localizada entre las coordenadas $102^{\circ} 17' 30''$ y $102^{\circ} 22' 30''$ de longitud oeste y los $23^{\circ} 15'$ y $23^{\circ} 19' 30''$ de latitud norte. Políticamente pertenece al municipio de Villa de Cos, Zacatecas (Figura 1).

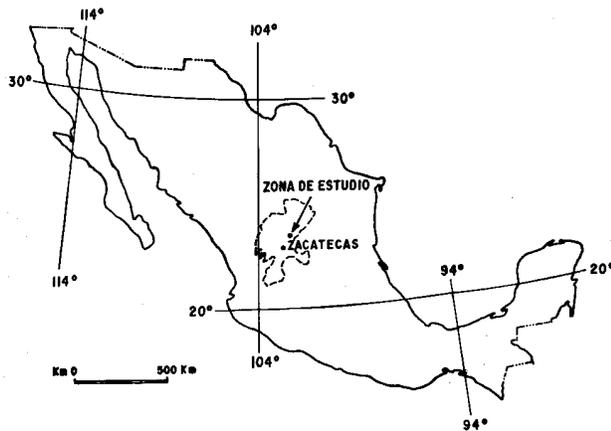


Figura 1.- Mapa índice que muestra la localización de la zona de estudio.

Geología.- Según Raisz (1964), el área de Villa de Cos se ubica dentro de la Mesa Central, cerca del borde meridional de la Mesa del Norte, con una altitud promedio de 1,990 m y está constituida principalmente por una planicie aluvial de donde sobresalen algunos lomeríos. De acuerdo con un estudio presentado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1973), las rocas más antiguas que afloran dentro del área corresponden a la Formación Indidura perteneciente al Cretácico Superior (Turoniano), también aflora una alternancia de capas compactas de calizas, areniscas y lutitas. Los depósitos del Cuaternario cubren la mayor superficie del área de estudio (Figura 2), constituyendo el material de relleno de las partes más bajas, donde se han acumulado todos los materiales producidos por la erosión de las partes altas. Este depósito es heterogéneo y presenta cambios horizontales y verticales de capas de arena, arcillas, gravas y limos que sobreyacen a todas las unidades litoestratigráficas de la cuenca de El Salado.

Hidrografía.- La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la región hidrológica conocida como El Salado, que constituye una de las vertientes interiores más importantes del país. Abarca los Estados de Aguascalientes, Coahuila, Durango, Jalisco, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. Este conjunto hidrográfico está formado por una serie de cuencas cerradas de muy diferentes dimensiones: la más pequeña es de 15.6 km^2 , mientras que la de mayor extensión es de $14,895 \text{ km}^2$. El Salado está, a la vez, subdividido en subcuencas; la zona de estudio queda

comprendida dentro de la conocida como Laguna de Santa Clara (S.R.H., Bol. Hidr. Núm. 35). Los escurrimientos son efímeros y de poca importancia. En la región sólo existen dos pequeños arroyos que corren de oeste a este; uno de ellos es el San Rafael, que desemboca en la Laguna Damián; el otro, procedente de esta laguna desemboca posteriormente en la Laguna El Vidrio, fuera de la zona. Además, existen varias lagunas pequeñas: Laguna de San Damián, Laguna de San Cosme (la más importante), Laguna de Chavavía, Laguna Las Catarinas y Laguna Tata Antonio.

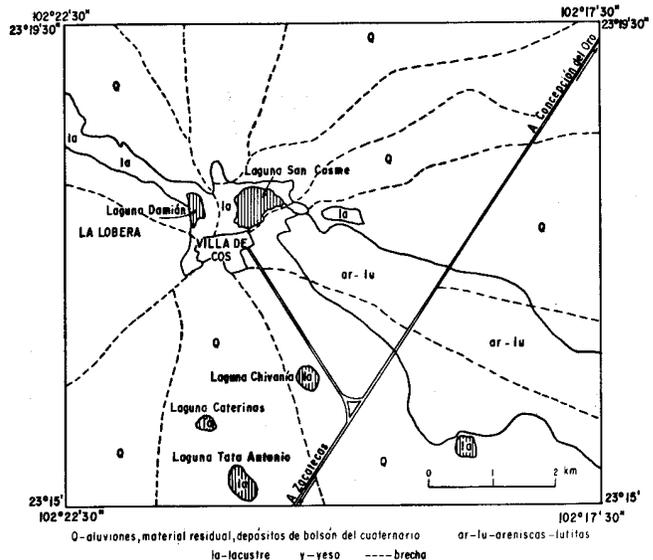


Figura 2.- Mapa litológico del área de estudio, según CETENAL (1971).

Clima.- Los datos climáticos se obtuvieron de una estación meteorológica que se instaló en 1961 en la población de Villa de Cos, Zac.

De acuerdo con la clasificación de climas de Köppen, modificada por García (1964), el clima que prevalece en la zona es de $BS_1 K w'' (e)$; o sea, clima seco, el menos seco de los BS, con un cociente P/T 22.9, templado, con verano cálido, temperatura media anual de 16.8°C , la temperatura media del mes más frío es de 3.2°C y la del mes más caliente de 32.5°C ; el régimen de lluvia es en verano, con un porcentaje de lluvia invernal de 5% del total anual; extremoso, con oscilaciones entre 7 y 14°C . La temperatura media anual es de 16.8°C ; a partir del mes de abril aumenta hasta 20°C , llegando a su máxima en el mes de junio con 22°C ; la media mínima es de 12.5°C . Las temperaturas mínimas oscilan entre -4.8°C en diciembre y 8.9°C en junio. Las temperaturas medias oscilan entre 27.5°C y 37.2°C en el mes de mayo. Las lluvias se concentran en los meses de junio a septiembre, con láminas de agua para cada mes que oscilan entre los 70 y 98 mm. El resto del año, la precipitación tiene una altura que oscila entre los 10 y 30 mm para cada uno de los meses. El déficit de humedad que prevalece en una zona árida o semiárida se manifiesta en los 1,664 mm de diferencia que existen entre los 445.5 mm de precipitación media anual y los 2,109.5 mm de evaporación media anual potencial.

Vegetación.- Los suelos que presentan condiciones elevadas de salinidad sólo soportan plantas especialmente adaptadas a dichas condiciones, como las halófitas; según Miranda (1955), las más difundidas en la zona son: *Sporo-*

bolus airoides, *Allenrolfea occidentalis*, *Atriplex* (varias especies), *Sueda* (varias especies). En la zona de estudio se encuentra la *Yucca filifera* y *Yucca decipiens*; asimismo, se pueden localizar agrupaciones de cactáceas como *Opuntia leucotricha* (nopal duraznillo), *Opuntia streptacantha*, hui-zache (*Acacia tortuosa*) y *Samuela carcerosana*. El matorral inerme perennifolio es una agrupación pura o mezclada con matorral espinoso que predomina en toda la zona de estudio, constituida principalmente por una agrupación uniforme de gobernadora (*Larrea tridentata*). En ocasiones, el matorral de *Larrea* es una agrupación invasora, de tal forma que muchos suelos recientes (de cualquier origen) son ocupados inmediatamente por estas plantas, debido a que tiene un gran rango de adaptabilidad ante las diferentes condiciones ambientales. La distribución y superficie de pastizales quedan determinadas por precipitaciones pluviales que se encuentran más cercanas a los límites superiores de las re-

giones semiáridas (de 400 a 700 mm de lluvia), y por las condiciones edáficas de las partes bajas que, en consecuencia, poseen una mayor concentración de sales. El pastizal de *Bouteloua gracilis*, que consiste de una cubierta herbácea baja, cerrada o algo dispersa, ocupa las áreas cuyo subsuelo está dominado por capas petrocálcicas. Las formaciones vegetales de zacates halófitos consisten en cubiertas herbáceas formadas por poblaciones casi puras de gramíneas amacolladas y cespitosas. Las formaciones predominantes son *Distichlis spicata* (zacate salado) y *Sporobolus airoides* (zacatón alcalino).

MATERIALES Y METODOS

Se colectaron muestras de suelos correspondientes a 21 perfiles (Figura 3) en una superficie de 6,385 has. Las altitudes varían de los 1,970 a los 2,005 m.

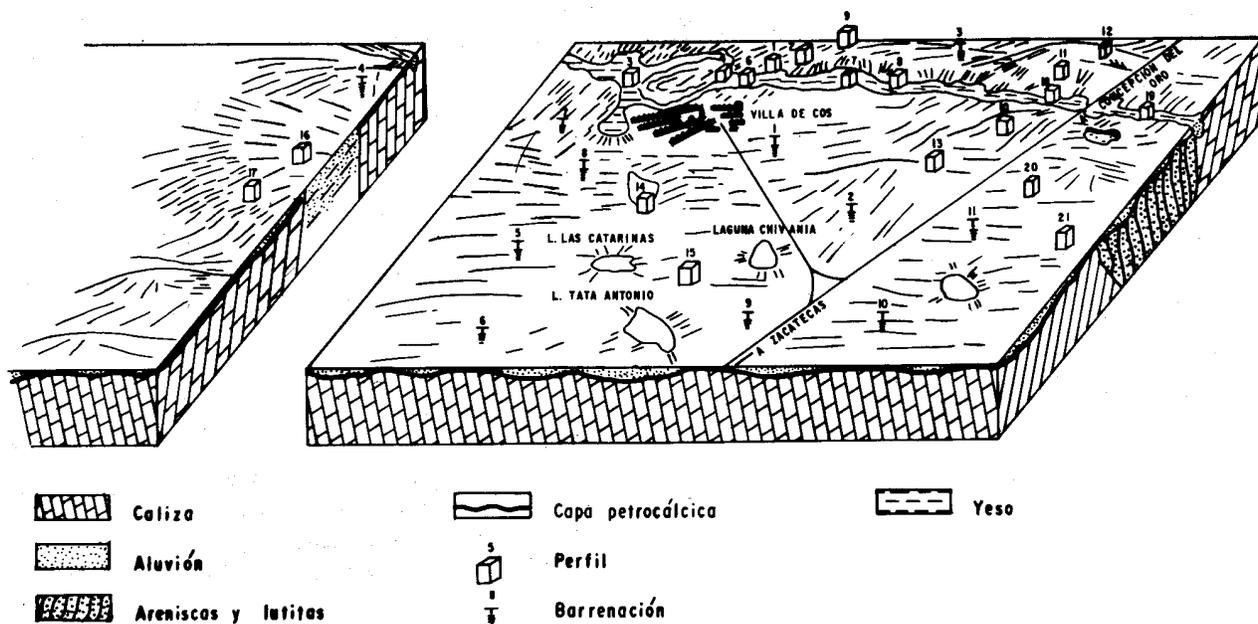


Figura 3.- Esquema morfológico de la zona de estudio y localización de los puntos de muestreo.

Exceptuando los dos primeros perfiles, todos los demás fueron hechos a cielo abierto; los siete primeros se muestrearon en capas de 10 cm, mientras que los 14 restantes se muestrearon por horizontes y se estudiaron conforme a la distribución de éstos en el campo. En el presente trabajo sólo se mencionan ocho perfiles que son los representativos del área (perfiles 2, 4, 7, 10, 12, 15, 16 y 17). La profundidad a la que se llegó dependió del material parental y de la presencia de la capa freática.

Las muestras obtenidas fueron secadas al aire, molidas y tamizadas, llevándose a cabo las siguientes determinaciones en el laboratorio: Análisis físicos: color: en seco y húmedo, por comparación con las tablas Munsell. Densidad aparente: por el método de la probeta (g/cc). Densidad real: por el método de picnómetro (g/cc). Textura: por el método de Bouyoucos (%). Conductividad eléctrica: por medio de un puente de conductividad marca Phillips PR.950; lecturas hechas en extractos obtenidos a partir de pastas de saturación (mmhos/cm a 25°C).

Análisis químicos: materia orgánica: por el método

de Walkley y Black. Capacidad de intercambio catiónico total: por el método de centrifugación empleando como saturador CaCl_2 1N pH 7; para lavar se utilizó alcohol etílico 1:1 y como eluyente KCl 1N pH 7, se tituló con versenato usando el indicador murexida (me/100 g). pH; en relación suelo-agua 1:2.5 y 1:5; la relación suelo-cloruro de potasio 1:5 se determinó en un potenciómetro Beckman, Zeromatic. Calcio y magnesio intercambiables: por el método del versenato, usando como extractor el acetato de sodio pH 7 (me/100 g). Sodio y potasio intercambiables: por flamometría (me/100 g). En los extractos obtenidos a partir de pastas de saturación se efectuaron los siguientes análisis cuantitativos: Cloruros, por titulación con AgNO_3 .005 N utilizando como indicador K_2CrO_4 al 5%. Carbonato y bicarbonato, por titulación con ácidos según el método 12 del manual de suelos salinos y alcalinos (Richards, 1964). Sulfatos, como precipitado de sulfato de bario, método 14 del manual de suelos salinos y alcalinos (Richards, 1964). Calcio y magnesio solubles: por medio del método del versenato. Sodio y potasio solubles, por flamometría. Todos estos

aniones están expresados en me/100 g de suelo.

La técnica empleada para la elaboración del mapa de suelos fue la de fotointerpretación y utilización de fotografías aéreas blanco y negro y sin rectificar, con escala aproximada de 1:50,000.

GENESIS Y MORFOLOGIA

La génesis del suelo, o diferenciación de los horizontes, comprende procesos como adiciones, pérdidas, transformaciones o translaciones. Estos procesos se llevan a cabo especialmente por intemperismo. Los materiales de los suelos se intemperizan con la formación simultánea de minerales secundarios y otros compuestos de solubilidad variable, con el consiguiente movimiento de un horizonte a otro.

Con respecto a la zona de estudio, a pesar de que desde el punto de vista geológico no hay mucha diferencia, las variaciones que alcanzan los suelos dentro del área tratada pueden considerarse dentro de un amplio rango, en virtud de que dicha variación no sólo es el resultado de la acción de muchos procesos específicos y distintos entre sí, sino también de las variaciones en intensidad y tiempo en que tales procesos se han llevado a cabo.

La aridez del suelo evita o retrasa la formación de suelos maduros pero, por otra parte, la velocidad de desarrollo entre un suelo y otro varía ampliamente, por lo que su madurez debe expresarse por el grado de desarrollo de los horizontes. En otras palabras, las condiciones que han retrasado la formación de los suelos del área de estudio pueden generalizarse así: clima semiárido, escasa vegetación, material poco permeable, consolidado, alto contenido de sales y un micro-relieve poco propicio para su madurez.

La intemperización de los minerales se lleva a cabo a través de reacciones físicas y químicas, cuyas velocidades son afectadas por la temperatura; cuando ésta aumenta, origina un incremento en la velocidad de descomposición y formación de la arcilla. Además, la presencia de agua amplía la acción del intemperismo, por lo que el horizonte B (horizonte de iluviación) se hace patente en aquellas partes bajas donde es evidente la acumulación del aluminio-silicatos.

En el área de Villa de Cos, la precipitación anual no es baja (445.5 mm); en cambio, la evaporación potencial es muy rápida y elevada (2,109.5 mm), haciendo que el agua que se mueve a través del suelo sea insuficiente para eliminar por lixiviación las bases intercambiables.

La naturaleza del material de origen tiene un efecto concluyente sobre las propiedades de los suelos jóvenes, como es el caso de la mayor parte de los del área de Villa de Cos. Las propiedades del material de origen, que podrían ejercer una influencia determinante en el desarrollo del suelo, son textura, mineralogía y grado de estratificación. Durante las primeras fases de la formación del suelo, la desintegración de la roca puede limitar la velocidad y profundidad de desarrollo del mismo. Debido a que la velocidad de desintegración de la roca puede exceder la velocidad de remoción del material por erosión, es posible la formación de un estrato más grueso, como es el caso de los suelos derivados de rocas calizas en la zona de Omiltemí, Gro. (Hernández *et al.*, en preparación), donde la topografía es muy abrupta y la humedad reinante es lo suficientemente elevada para permitir la existencia de un intemperismo relativamente acelerado. En Villa de Cos los depósitos aluviales se

encuentran localizados en los pequeños vasos lacustres y en la pequeña franja del exiguo arroyo que sirve de drenaje subterráneo, comunicando a la Laguna de San Cosme con la de El Vidrio.

Los tipos de rocas predominantes en la zona son aluviones, calizas, capas endurecidas por carbonatos de calcio (petrocálcicos) y areniscas; aunque sujetas a las mismas fuerzas del intemperismo, no han originado el mismo grado de desarrollo de los suelos, ya que la presencia de CaCO_3 dentro del material de origen dilata la madurez del suelo, si éste depende de la lixiviación de las bases; es por ello que los suelos derivados de areniscas en la zona de estudio han alcanzado un mayor grado de madurez que los desarrollados a partir de las calizas que se encuentran por encima de horizontes petrocálcicos. Pero a la vez, los suelos desarrollados sobre material calcáreo o a partir de éste, tienen una textura más fina que los que se han formado de areniscas (Figura 2), ya que éstas poseen un alto contenido de cuarzo. Por otro lado, como las areniscas son de textura gruesa, queda poca superficie expuesta al intemperismo, la que retiene poca humedad y es por esta razón también que a una permeabilidad alta, se asocia un lento desarrollo del suelo, pero no en el grado que alcanzan las calizas.

La topografía modifica el desarrollo del perfil, si bien es cierto que la zona de estudio carece de pendientes abruptas; no obstante, dado el carácter ligeramente ondulado del terreno, se tienen influencias en la génesis del suelo debido al microrrelieve, lo que puede constatarse viendo el esquema sobre secciones de catenas (Figura 4), en donde puede observarse que a las partes bajas corresponde la formación de un suelo más desarrollado (presencia de horizonte B), en comparación con las pendientes o partes más altas de la formación de un suelo con horizontes AR. Así, los suelos localizados en pendientes absorben y retienen poca humedad. De igual manera, la remoción debida a la pendiente imposibilita la acumulación de un estrato mayor de suelo, puesto que la erosión juega un papel muy importante (Figura 5), ya que es frecuente encontrar depositaciones sueltas y momentáneas de fracciones gruesas, especialmente de arenas cuarzosas.

Otro aspecto muy importante referente a la topografía, y que además cobra relevancia en zonas áridas y semi-áridas, es el movimiento en suspensión y, sobre todo en solución, de los materiales que van de un lugar a otro.

LA QUIMICA DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

En los suelos, la existencia de grandes cantidades de sales fácilmente solubles, especialmente en los perfiles 3, 4 (Figura 6), 5, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19, se debe a la presencia de soluciones que se han formado en etapas geológicas anteriores y, específicamente, a los factores que liberan los elementos durante el proceso de intemperismo y denudación química de las rocas. Además, aunque la topografía de la zona de estudio no es accidentada, el relieve es lo suficientemente significativo como para considerarse una de las causas importantes para la acumulación de sales. Este tipo de salinidad se origina después de la secuencia siguiente: En primer término, se establece el intemperismo, posteriormente las sales se depositan en áreas más pequeñas, como sucede en las lagunas de San Damián y San Cosme, que constituyen las porciones más bajas y que, a la vez, forman una pequeña cuenca de captación; finalmente, estas lagunas

drenan cantidades apreciables de sales a través del subsuelo, mediante un arroyo que comunica con la Laguna de Vidrio,

localizada fuera de la zona de estudio.

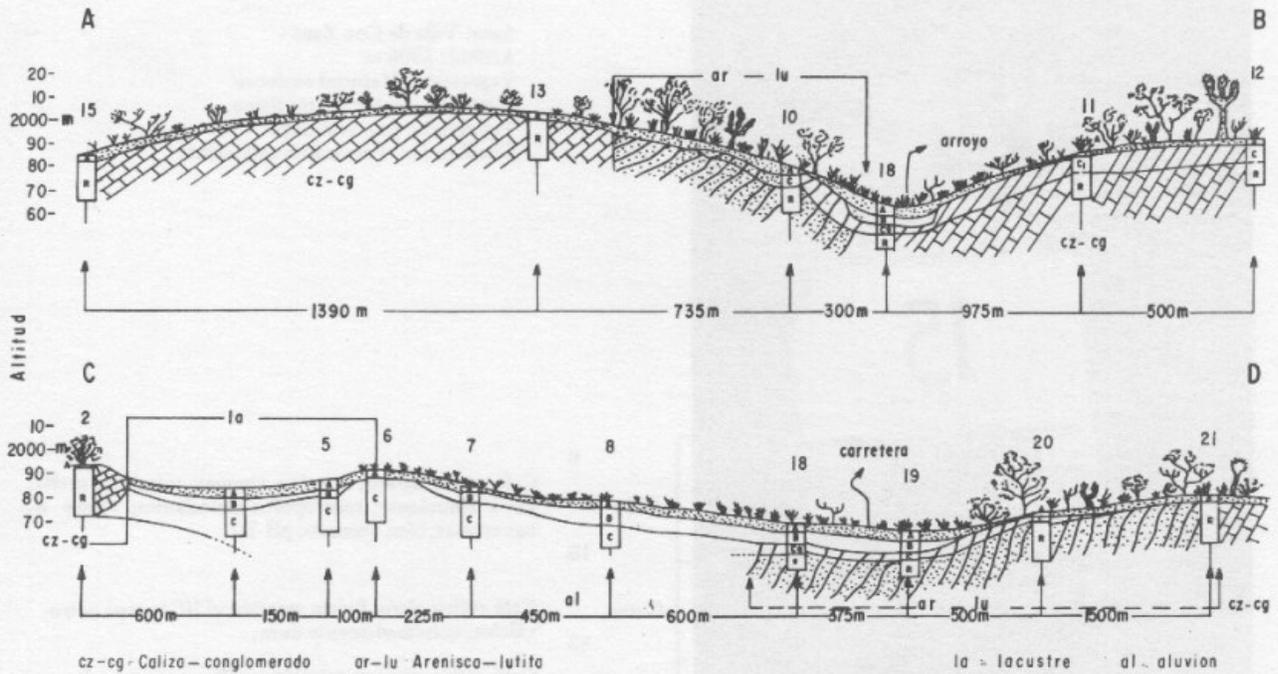
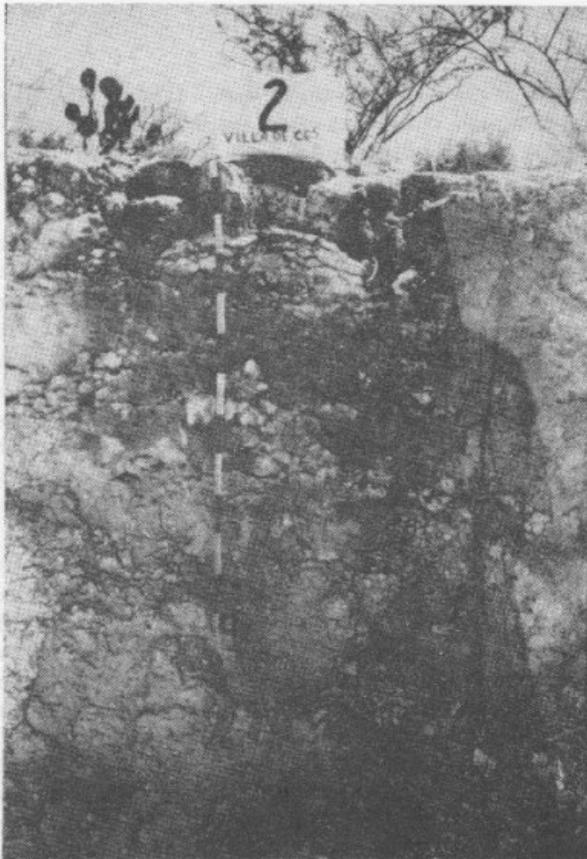


Figura 4.- Secciones de catenas de suelos en el área de estudio de Villa de Cos, Zac.



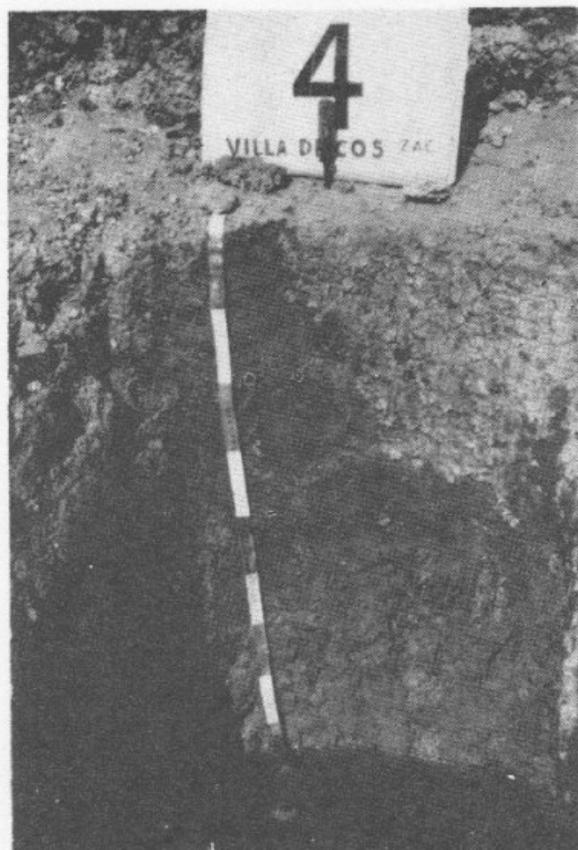
Area: Villa de Cos, Zac.
 Altitud: 1984 m
 Vegetación: Matorral espinoso
 Material parental: Calizas
 Topografía: Ligeramente ondulada
 Clasificación: Petrocalcic calciorthid

0 Café grisáceo; migajón arenosa; sin estructura; suelta;
 12 gravas frecuentes; pH 8.5; raíces finas y medias moderadas.

R Café grisáceo; arenosa; fuerte reacción al HCl; consistencia dura; adhesividad y plasticidad nulas; gravas, piedras y guijarros abundantes; raíces moderadas y gruesas muy escasas; pH 8.8; drenaje moderado.

104

Figura 5.- Perfil 2.



Area: Villa de Cos, Zac.
 Altitud: 1984 m
 Vegetación: No hay
 Material parental: Mat. lacustre
 Topografía: Plana
 Clasificación: Hydric natrargid

A11	0 4	Café grisáceo; arcillosa; laminar friable; poroso; drenado; pH 9.2.
A12	40	Café grisáceo, arcillosa; prismática; fuerte reacción al HCl; grava subangular escasa; porosidad fisurada y agrietada; moderadamente drenado; pH 9.2.
B2t	87	Café grisáceo; arcillosa; columnar medianamente desarrollada; fuerte reacción al HCl; muy firme; grietas verticales muy desarrolladas; imperfectamente drenado; pH 9.1.

Figura 6.- Perfil 4.

La composición de la solución del suelo de los perfiles clasificados como Natrargids varía con las estaciones del año; durante la época de lluvias, parte de las sales en fase sólida pasa a solución, nivelando las concentraciones; las cantidades totales disueltas de las sales más solubles, que son las predominantes, aumentan mientras disminuyen las menos solubles. De esta manera, la concentración de sales varía de acuerdo con la mayor o menor presencia de humedad, así como en base a las oscilaciones termodinámicas.

Se sabe perfectamente que el pH está influenciado por la clase de los cationes intercambiables, composición y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalino-térreos. En el extracto de saturación que se hizo para los perfiles 1, 2, (Figura 5), 9, 10 (Figura 8), 11, 12 (Figura 9), 13, 15 (Figura 10), 20 y 21, hubo concentraciones muy bajas o ausencias totales de $\text{CO}_3^{=}$ (de 0 a 6.6 me/100 g); así como porciones bajas de HCO_3^- (de 0 a 10 me/100 g); todos estos suelos poseen un alto contenido de calcio intercambiable y, por lo tanto, deberían tener un pH máximo de 7.5; sin embargo, el pH se eleva hasta 8.2 (1:2.5 con agua) debido seguramente a un alto contenido de CaCO_3 proveniente de la roca madre, y bajo contenido de CO_2 y H_2O en la parte porosa del suelo.

En estos suelos, la baja solubilidad del CaCO_3 permite que su presencia no sea dañina para la mayor parte de las plantas. Cantidades apreciables de CaCO_3 pasan al horizonte superior del suelo desde las aguas calcáreas, cuando el nivel freático del suelo se encuentra cerca de la superficie y estas aguas se encuentran expuestas a la transpiración y evaporación (perfiles 3, 4 (Figura 6) y 5).

En general, los suelos de zonas áridas y semiáridas invariablemente contienen carbonatos; la cantidad de CaCO_3 en algunos de estos suelos llega a ser superior al 25%; los horizontes de este tipo están fuertemente cementados y son impenetrables, tanto para las raíces de las plantas como para las aguas de riego (perfiles 1, 2 (Figura 5), 13, 15 (Figura 10), 20 y 21).

Desde el punto de vista morfológico, los CaCO_3 son fácilmente detectables en el campo, debido al calor blanquizco del horizonte carbonatado, los micelios, la acumulación harinosa y las concreciones. También se localizan mediante pruebas cualitativas de campo, con el uso del HCl, ya que éste da lugar a una fuerte reacción con CaCO_3 al liberarse el CO_2 . Todos los perfiles de suelos que se estudiaron en Villa de Cos tuvieron una fuerte reacción al HCl.

Los iones bicarbonatos se forman a partir de la disolución del CO_2 en agua; el agua que contiene CO_2 se convierte en un activo agente químico de carácter intemperizante que libera grandes cantidades de iones bicarbonatos. El pH de la solución del suelo depende de la presencia de carbonatos y bicarbonatos, como puede constatarse si se toman en cuenta los perfiles 3, 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7) y 8.

Otra de las causas por las que en estos perfiles existe un pH tan elevado es la presencia de sodio en forma de Na_2CO_3 , que se detecta perfectamente en el perfil 5 por la presencia de manchas negras, constituidas por la dispersión de la materia orgánica. El Na_2CO_3 es altamente soluble; como resultado de su hidrólisis, puede provocar una fuerte alcalinización (perfil 8, pH 10.15). Debido a su alta alcalinidad y solubilidad, es sumamente tóxico para las plantas;

la presencia de Na_2CO_3 en las soluciones del suelo causa dispersión de los coloides del suelo, así como baja permeabilidad.

Con respecto a los sulfatos que existen en la zona de estudio de Villa de Cos, puede decirse que básicamente se encuentra en forma de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso), que es una sal que no daña fisiológicamente a las plantas, debido a su baja solubilidad. Con mucha frecuencia las rocas formadoras de suelos en zonas áridas y semiáridas contienen grandes cantidades de yeso que se acumulan durante la evaporación de aguas lacustres o freáticas salinas que se encuentran cercanas a la superficie. La cristalización del yeso en el suelo se lleva a cabo de diferentes formas: cristales transparentes y delgados, lechosos, nódulos grandes y concentraciones o

placas de forma regular.

La aridez de un suelo tiende a originar un incremento de la concentración de sales aunque, por otra parte, esta concentración podría estar relacionada inversamente con el contenido de agua en el suelo; es decir, a menor contenido de humedad, la concentración real de yeso puede ser mayor de lo que podría esperarse a partir de un descenso en el contenido de agua. En cuanto a la morfología de sales de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, puede decirse que es semejante a la señalada para los CaCO_3 . Los perfiles que cuentan con altas concentraciones de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ son: 3, 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7), 8, 16 (Figura 11), 17 (Figura 12) y 19. Sus contenidos pueden llegar hasta los 580.9 me/100 g, como sucede a los 130-140 cm de profundidad en el perfil 5.

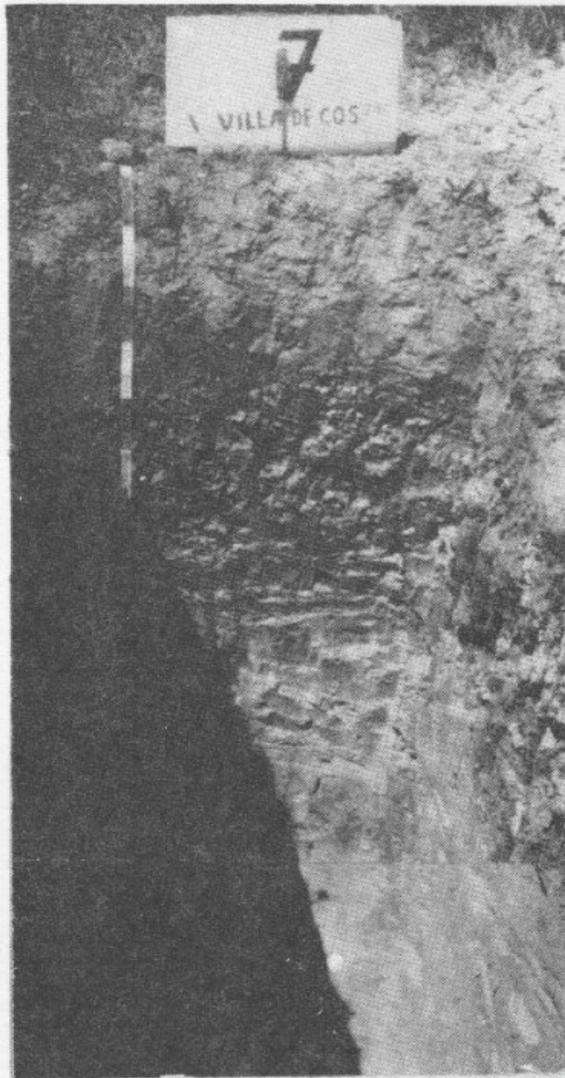


Figura 7.- Perfil 7.

Area: Villa de Cos, Zac.
 Altitud: 1985 m
 Vegetación: Zacatillo halófito
 Material parental: Mat. aluvial sobre areniscas
 Topografía: Plana
 Clasificación: Haplic natrargid

	0	Café amarillento grisáceo; franco; granular; suelta; gravas escasas; pH 8.7.
A11	11	Amarillo opaco; migajón arcilloso; granular; fuerte reacción al HCl; suelta, pH 8.8.
A12	21	
B11	35	Gris claro; arcillosa; prismática; muy adhesiva y plástica; muy firme; fisurada y agrietada; raíces moderadas; pH 8.9.
B21t	68	Amarillo claro; arcillosa; columnar; muy firme; fuerte reacción al HCl; muy adhesiva y muy plástica; gravas escasas; porosidad fisurada; grietas verticales bien definidas; película arcillosa; pH 8.6.
B22t	82	Gris claro, arcillosa; prismática; firme; muy adhesivo; muy plástico; grava escasa.
B23t	117	Gris claro, arcillosa; prismática; firme; muy adhesivo; muy plástico; gravas escasas; finamente porosa; fuerte reacción al HCl; poco drenado; raíces escasas; pH 8.6.
C1	168	Gris claro; arcillosa; bloques subangulares; firme, adhesivo y plástico; gravas escasas; finamente poroso; fuerte reacción al HCl; no hay raíces, poco drenado; pH 8.5.
IIC2	200	Gris claro; migajón arcillo arenoso; bloques subangulares friables; sin adhesividad ni plasticidad; fuerte reacción al HCl; gravas; poco drenado; pH 8.7.

Los cloruros con los sulfatos son los principales compuestos que originan la formación de los suelos salinos. Todos los cloruros se caracterizan por su alta solubilidad, con la consiguiente alta toxicidad. El cloruro de sodio es una sal muy común en las partes bajas que sirven de drenaje en la zona de estudio. Para las plantas, la toxicidad y solubilidad del NaCl son excepcionalmente altas.

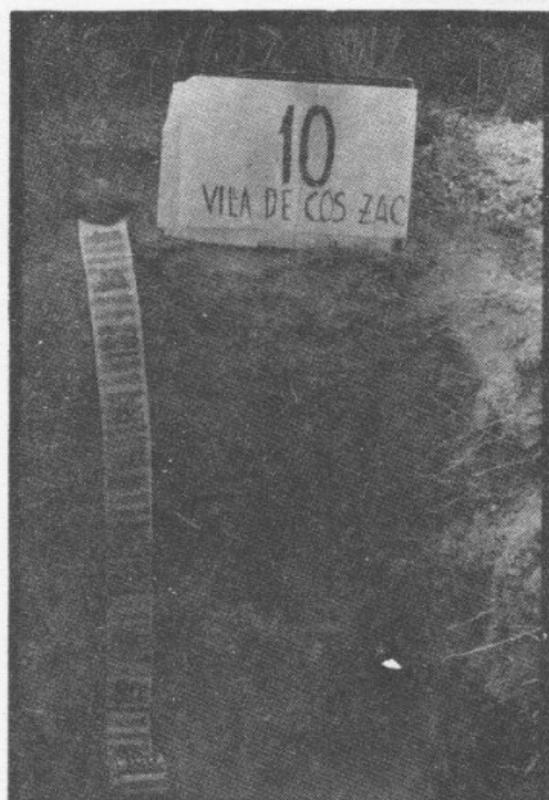
Los contenidos de cloruros de sodio se hallan por en-

cima de las proporciones de $\text{SO}_4=$ y $\text{CO}_3=$ en los perfiles 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7), y 17 (Figura 12), ya que llegan hasta 763.0 me/100 g a una profundidad de 130-140 cm en el perfil 5. Las condiciones más favorables para la acumulación de grandes cantidades de sales de sodio en la zona de estudio pueden resumirse así: depresiones con drenaje natural reducido, hacia donde se dirigen las descargas geoquímicas, y un clima en el que predomina la evapo-

ración sobre la infiltración dentro del balance de agua.

El pH en pastas de suelos saturados (no se reportan en los cuadros de análisis de laboratorio, pero sí se determinaron en algunos perfiles) resultó mayor de 8.5 (perfiles 3, 4

(Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19). Estos suelos nos muestran un porcentaje de sodio intercambiable superior al 15% (horizontes nátricos), así como la presencia de carbonatos de metales alcalinotérreos.



A1	8	Café grisáceo; migajón arenosa; sin estructura; fuerte reacción al HCl; suelta; muy poroso; raíces finas abundantes; pH 8.1.
A2	23	Café grisáceo; migajón arenosa; migajosa; blanda; migajosa; grava; raíces ab; pH 8.3.
A3	39	Café grisáceo; arcillo arenosa; migajosa; fuerte reacción al HCl; blanda; adhesividad y plasticidad lig; gravas escasas; macroporos abund; raíces abundantes; drenado; pH 8.5.
AC	54	Rosado; arcillosa; subangular; reacción fuerte al HCl; lig. dura; grava subangular; fisurada; manchas de óxidos de Fe; pH 8.7.
C	75	Rosado; arcillosa; subangular; fuerte reacción al HCl; lig. dura; gravas subangulares escasas; porosidad fisurada; manchas de óxidos de Fe; raíces finas; drenado; pH 8.2.

Figura 8- Perfil 10.

Cuando en los suelos de zonas áridas y semiáridas se acumulan concentraciones excesivas de sales solubles, en algunos casos el catión sodio es el que domina en la solución, debido a la precipitación de los compuestos de calcio y magnesio (horizontes nátricos).

A medida que la solución del suelo se concentra debido a la evaporación del agua, los límites de solubilidad de los $\text{SO}_4^{=}$ y $\text{CO}_3^{=}$ son mayores, originando su precipitación y el aumento consiguiente en las cantidades relativas de sodio; este sodio reemplaza entonces a un porcentaje determinado de calcio y magnesio.

Los iones de sodio constituyen más del 12-15 % del sodio intercambiable, ocasionando la dispersión de la fracción arcillosa y húmica. Este es el caso de los perfiles 3, 4, (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19.

Dado que los suelos de esta zona están enclavados en una región semiárida, no se producen pérdidas por lixiviación de los diferentes cationes, sino que éstos se van acumulando. Este aumento está determinado por la velocidad con que se disocian las distintas bases; por lo tanto, la saturación de éstas alcanza valores muy altos, cercanos al 100% (Tabla 1).

CLASIFICACION

La clasificación de suelos empleada para la zona de estudio es la utilizada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, "Clasificación de Suelos, un Sistema

Compreensivo, 7a. Aproximación" (1960).

Para la clasificación de suelos áridos y semiáridos se aplican los criterios de diagnóstico relacionados con el epipedón ócrico y los horizontes de diagnóstico cálcico, gípsico, argílico, cámbico, sálico y nátrico (Buol *et al.*, 1973).

Orden: Aridisoles (id). Los inceptisoles han sido separados de los Aridisoles, entre otras razones porque éstos están secos (cuando no están bajo riego); además, tienen una conductividad del extracto de saturación de más de 2 mmhos por cm a 25° C, entre los 18 y 50 cm o encima de un contacto lítico, cualquiera que sea la profundidad, y presentan un epipedón ócrico y uno o más de los siguientes horizontes de diagnóstico: cámbico, argílico, nátrico, cálcico, gípsico, sálico o un duripán. Los Aridisoles no tienen epipedones mólicos o úmbricos, ni horizontes espódicos y ócricos; todos los perfiles de suelos estudiados en este trabajo caen dentro de este orden.

Suborden: Argílicos, órticos (arg, orth). La presencia de horizontes argílicos es importante en la interpretación de la formación de los Aridisoles. Estos horizontes se relacionan con la edad, posición, pendiente y desarrollo general del suelo.

La presencia o ausencia de un horizonte argílico se utiliza entonces como criterio para dividir un orden de un suborden: argid (Aridisol, con horizonte argílico); orthid (Aridisol sin horizonte argílico). Las características asociadas a los horizontes de diagnóstico de los Aridisoles deben observarse dentro de un metro, a partir de la superficie del suelo.

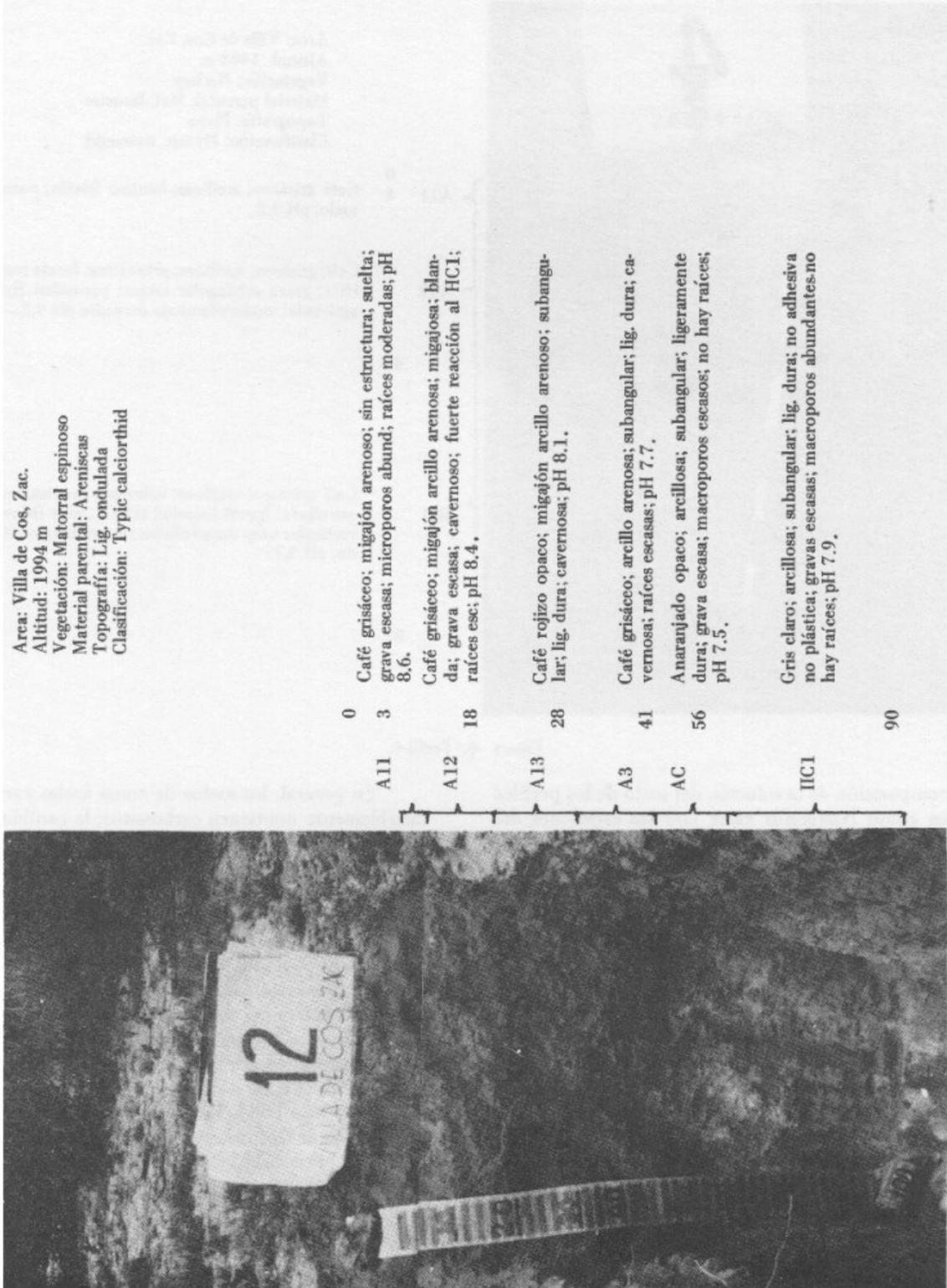


Figura 9.- Perfil 12.



Area: Villa de Cos, Zac.
 Altitud: 1986 m
 Vegetación: Matorral espinoso
 Material parental: Petrocálcico
 Topografía: Lig. ondulada
 Clasificación: Petrocalcic calciorthid

0	A11	Café rojizo opaco; migajón arenosa; migajosa; suelta; grava abundante; macroporos abundantes; raíces finas escasas; bien drenado; pH 7.7.
18	Ccam	Café rojizo claro; fuerte reacción al HCl; capa petrocálcica; extremadamente dura.
33	A12	Café rojizo oscuro; migajón arcillo arenosa; subangular; friable; gravas moderadas; macroporos abundantes; pH 7.3.
50		

Figura 10.- Perfil 15.

Los horizontes argílicos se forman en las superficies geomorfológicas de mayor antigüedad, como sucede en los perfiles 3, 4 (Figura 6) y 5, aunque también en aquellas partes bajas que sirven, tanto de lento drenaje natural (deposición horizontal), como de deposición de arcilla iluvial silícea (deposición vertical) perfiles 6, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19.

Los orthids se encuentran en las laderas geológicas más jóvenes y en superficies de edad intermedia, como sucede con los perfiles, 1, 2 (Figura 5), 9, 10 (Figura 8), 11, 12 (Figura 9), 13, 15 (Figura 10), 20 y 21. En el resto, además del factor climático, la pendiente (que no pasa del 7% en el perfil 21) y el tipo de roca, son factores que han impedido un desarrollo mayor del suelo.

Dadas las condiciones de las zonas semiáridas, así como la topografía y el drenaje, los suelos localizados en la zona de estudio no pueden considerarse Entisoles (suelos recientes), porque aunque algunos de ellos presentan escaso desarrollo morfogenético (orthids), existen otros procesos característicos de una zona árida y semiárida como es la presencia de horizontes de diagnóstico cálcicos (ca), gípsicos (cs) y petrocálcicos (cam), que muestran otros procesos formadores de suelos diferentes a los demás. Supuestamente, estas diferencias en una región árida o semiárida debieran ser menos pronunciadas, debido a la ausencia de niveles freáticos cerca de la superficie en las áreas planas. Sin embargo, este requisito no se cumple en el área de estudio de Villa de Cos, la presencia de un nivel freático a 70 cm de la superficie en una parte plana (menos de 1% de pendiente

en los perfiles 3, 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7) 8, 18 y 19) ha motivado, entre otras cosas, que la morfogénesis de estos suelos sea diferente a la del resto de los perfiles analizados.

El drenaje influye también en los procesos de formación del suelo; un drenaje deficiente tendrá un efecto mayor y más marcado sobre algunas características del suelo, que uno que cuente con drenaje eficiente. El hecho de que los perfiles 6, 7 y 8 (Figura 7), sean los que poseen una mayor cantidad de materia orgánica (1, 2 a 4.3%) es buena muestra de ello, porque la deficiencia del drenaje ha facilitado en gran parte la acumulación de la materia orgánica. Los suelos que poseen un drenaje deficiente y se ubican en partes bajas, reciben aportaciones de materia orgánica de las porciones adyacentes y más elevadas. También en regiones semiáridas, las sales solubles se acumulan en áreas que reciben aguas de drenaje de suelos adyacentes.

Los colores a través del perfil del suelo están relacionados también con las características del drenaje. Los colores de los perfiles 8 (a los 174 cm), 14 (a los 62 cm) y 18 (a los 92 cm), van de amarillo moteado a pardo, denotando una reducción química; es decir, indican una intensa reducción del hierro durante el desarrollo del suelo. El estancamiento del agua motiva estas condiciones de reducción y de anaerobiosis. Entonces, el horizonte que originalmente era de eluviación se ve modificado, debido a un lento movimiento del agua y, como consecuencia, el horizonte B o parte de él es reemplazado por un horizonte de gley (g), en el que los compuestos de calcio y magnesio son transformados a formas solubles (Tabla 2).



Area: Villa de Cos, Zac.
 Altitud: 1980 m
 Vegetación: Pastizal halófito
 Material parental: Mat. lacustre
 Topografía: Plana
 Clasificación: Calcic aquargid

	0	
A11	4	Café opaco; franca; migajosa; friable; grava escasa; macroporos esponjosos abund; raíces finas frecuentes; drenado; pH 7.6.
A12	20	Café; franca; subangular; muy friable; grava escasa; esponjosa; fuerte reacción al HCl; raíces frecuentes, drenado; pH 7.4.
C1g	45	Café grisáceo; arcillosa; prismática; muy friable; muy adhesiva y muy plástica; fisurada; concreciones de CaCO ₃ ; cristales de CaSO ₄ ; película arcillosa; raíces escasas; drenaje deficiente; pH 7.3.
C2gcs	72	Café grisáceo; arcillosa; prismática; friable; muy adhesivo muy plástico; fisurado; concreciones de CaCO ₃ y cristales de CaSO ₄ ; película arcillosa; imp. drenado; pH 7.3.
HC1g	95	Anaranjado pálido; arcillosa; angular; friable; muy adhesivo y plástico; concreciones de CaSO ₄ ; imperfectamente drenado; pH 7.4.
HC2g	125	Gris café claro; arcillosa; angular; muy adhesivo, muy plástico; concreciones y cristales de CaSO ₄ ; imperfectamente drenado; pH 7.6.

Figura 11- Perfil 16

CONCLUSIONES

La zona de estudio se ubica dentro de lo que propiamente es una región semiárida, considerando no sólo el factor climático como base para esta clasificación, sino también otros factores importantes que configuran las condiciones ambientales (suelo, vegetación).

Las condiciones más importantes para la acumulación de sales son, entre otras, la preponderancia de la evaporación sobre la precipitación y el drenaje. Este balance del contenido de humedad depende de condiciones climáticas, geomorfológicas, topográficas, hidrogeológicas, de vegetación y geoquímicas.

El balance del agua en estas áreas se encuentra contro-

lado especialmente por la evaporación del agua superficial del suelo y aguas freáticas y está por encima del escurrimiento y el drenaje.

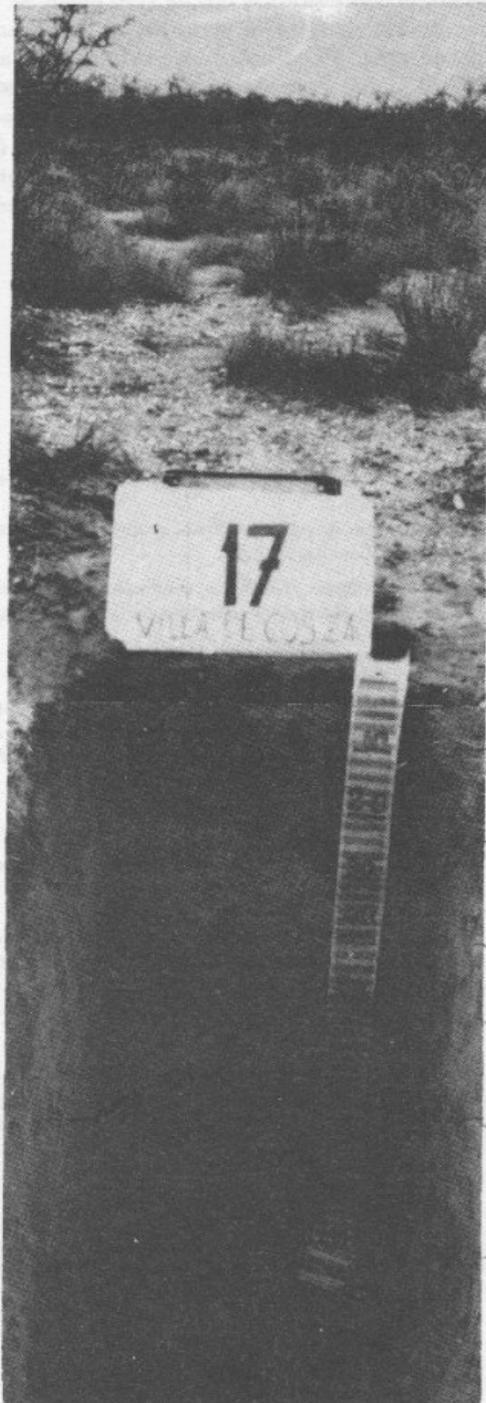
Otro factor a considerarse en la acumulación de las sales es el aspecto geomorfológico, bajo condiciones de relieve específicas. La porción que se encuentra en una pequeña depresión, rodeada por lomeríos cuyas alturas no sobrepasan los 40 m del nivel medio de la zona, constituye una pequeña vertiente que aporta grandes cantidades de sales que se acumulan en dicha depresión. Por otro lado, ésta ha estado sujeta a influencias hidrodinámicas y geoquímicas, procedentes de aguas subterráneas (perfiles 3, 4 (Figura 6), 5, 6, 18 y 19).

La topografía por medio de las aguas deluviales sirve de soporte para los procesos de transportación y redistribu-

ción de las sales. Después de las lluvias, temporalmente aparecen las aguas subterráneas y freáticas que son las que intemperizan, en gran parte, las rocas residuales salinas depositadas sobre las pendientes. Cuando las aguas han depositado estos materiales intemperizados y el agua se ha evaporado, los suelos son enriquecidos por sales (perfiles 1, 2 (Fi-

gura 5), 9, 10 (Figura 8), 11, 12 (Figura 9), 20 y 21.

La combinación de los factores anteriores, más la presencia de un manto freático alto, con un drenaje natural poco desarrollado (perfiles 3, 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19) son, en resumen, los factores más importantes que desencadenan los procesos de salinización.



Area: Villa de Cos, Zac.
 Altitud: 1994 m
 Vegetación: Matorral espinoso
 Material parental: Areniscas
 Topografía: Lig. ondulada
 Clasificación: Typic salorthid

0	Café; migajón arenosa, migajosa; suelta; grava angular escasa; poros finos; raíces finas y medias escasas; drenado; pH 7.6.
8	
A11	
22	Anaranjado; migajón arcillosa; subangular; friable; fuerte; reacción al HCl; poroso; raíces finas escasas; drenado; pH 8.6.
A12	
40	Anaranjado opaco; migajón arcillosa; angular friable; grava escasa; macroporos; cristales escasos de CaSO ₄ ; drenado; pH 8.8.
AC	
53	Anaranjado opaco; migajón arcillo arenosa; angular; firme; cristales abund. de CaSO ₄ ; raíces escasas; pH 7.7.
CI	
74	Anaranjado; arena migajosa; angular; firme; grava esc; fisurada; cristales abund. CaSO ₄ ; pH 7.7.
CI	
R	Anaranjado opaco; arena migajosa; fuerte reacción al HCl; areniscas.
100	

Figura 12.-Perfil 17

Otro factor importante en los procesos de acumulación de sales es la movilidad geoquímica de los diferentes tipos de sales que se encuentran en la zona de estudio (perfiles 5, 16 (Figura 11), 17 (Figura 12) y 19).

De acuerdo con las características de campo, horizon-

tes de diagnóstico, datos de laboratorio e interpretación de todo el conjunto, se detectaron las siguientes características, según la clasificación empleada: los argids se forman en las superficies geomorfológicas de más antigüedad (perfiles 3, 4 (Figura 6), y 5) y en las partes más bajas que sirven de

Tabla 1.- Resultados de los análisis físicos y químicos de algunos perfiles representativos de la zona de estudio.

PERFIL	PROFUNDIDAD cm	COLOR		DENSIDAD g/cm	TEXTURA				CLASE TEXTURAL	C.E. mm/25°C	pH			CICLO M.O.	CATIONES INTER.				SODIO % ADS.	SAT. DE BASES %	SALES SOLUBLES									
		SECO	HUMEDO		ARENOSA	ARCILLOSA	ARCILLOSA	ARCILLOSA			1:2.5	1:5	1:5		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺			CO ₃	HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄						
					%						H ₂ O	KCl	meq/100g		me / 100g						me / 100g									
PERFIL 2	0-12	5YR 8/1 Blanco	10YR 7/2 Gris claro	1.1	2.7	8.2	8	10	Arena migajosa	1.4	8.5	8.7	7.7	16.6	0.6	73	7	1.2	1.5	0.6	0.1	13.7	11.0	0	1.5	0.4	6.6	6.6	0	28.7
	12-104	10YR 5/2 Café grisáceo	10YR 3/3 Café oscuro	1.3	2.6	8.2	7	11	Arena migajosa		8.8	8.8	7.6	18.0	0.3	84	11	2.2	1.9	2.2	0.3	17.8	-	-	-	-	-	-	-	-
PERFIL 4	0-10	5YR 7/1 Gris claro	10YR 5/2 Café grisáceo	1.1	2.3	12	12	76	Arcilloso	25	9.2	9.6	8.5	33.6	1.1	91	8	7.7	17	38.1	10.1	86	4.0	2.0	226	26	6.0	6.0	250	196
	10-20	5YR 7/1 Gris claro	10YR 5/2 Café grisáceo	1.5	2.3	12	16	72	Arcilloso	21	9.2	9.9	8.6	31.8	1.0	87	8	8.2	12	43.3	11.9	86	4.0	0.6	354	16	0.5	0	202	95
PERFIL 7	0-11	10YR 6/2 Café anaranjado	10YR 3/2 Negro café	0.9	2.6	3.6	3.8	2.6	Franca	14.8	8.7	8.7	7.5	32.2	1.9	7.4	2.9	2.4	1.4	17.3	2.4	4.6	2.0	1.5	123	9	6.6	6.6	126	70
	11-21	10YR 7/2 Amarillo opa	Negro café	1.0	2.4	3.6	3.2	3.2	Migajón arcilloso	16.0	8.6	8.8	7.8	26.7	1.1	63	4.0	3.9	1.4	24.8	5.4	4.1	3.0	5	150	12	0	6.2	147	101
PERFIL 10	0-8	5YR 6/2 Café grisáceo	5YR 4/2 Café grisáceo	1.5	2.7	7.2	16	12	Migajón arenoso	0.4	8.1	8.2	6.8	21.2	1.0	44	9.0	0.1	1.0	0.8	0.0	11	2.5	1.0	0.7	0.2	0	6.6	0	2.5
	8-23	5YR 5/3 Café rojizo os	5YR 4/3 Café rojizo os	1.3	2.6	6.0	20	20	Migajón arenoso	0.3	8.3	8.5	7.1	24.6	1.3	37	12.0	0.1	0.6	0.6	0.0	12	2.0	0	1.3	0.3	0	3.3	0	1.8
PERFIL 12	0-3	5YR 6/2 Café grisáceo	5YR 4/2 Café grisáceo	1.5	2.5	6.0	24	16	Migajón arenoso	0.7	8.5	8.6	7.2	25.0	1.2	56	9.0	0.2	2.4	1.0	0.4	17	8.6	8.3	1.3	1.0	0	7.5	0	5.3
	3-18	5YR 5/2 Café grisáceo	5YR 4/2 Café grisáceo	1.2	2.4	5.2	24	24	Migajón arc-aren	0.3	8.5	8.4	7.1	29.4	1.3	56	11.0	0.5	2.0	0.8	0.0	20	3.5	1.5	1.2	0.5	0	6.6	0	0
PERFIL 15	0-18	2.5YR 4/4 Café rojizo os	2.5YR 3/4 Café rojizo os	1.4	2.5	7.2	13	15	Migajón arenoso	0.4	7.2	7.7	6.2	10.2	0.9	21	7.0	0.1	0.5	1.6	0.0	2.9	4.6	4.0	1.1	0.1	0	4.0	6.0	2.1
	18-33	2.5YR 3/4 Café rojizo os	2.5YR 3/6 Café rojizo os	1.0	2.4	6.4	12	24	Migajón arc-aren	0.4	7.5	7.3	6.5	11.8	0.3	18	6.0	0.4	0.2	2.2	0.0	2.8	4.6	0	1.2	0	0	5.0	4.0	0.5
PERFIL 16	0-4	7.5YR 7/3 Anaranjado os	7.5YR 5/3 Café opaco	1.2	2.3	4.2	4.7	11	Franca	2.1	7.6	7.2	7.1	45.2	3.3	101	22.1	0.6	0.6	1.5	0.0	56	24.6	0.6	2.6	0.7	6.6	10.0	100	26.7
	4-20	7.5YR 7/2 Gris café cl	7.5YR 4/3 Café	1.0	2.2	3.2	4.4	2.4	Franca	1.7	8.1	7.4	6.6	54.3	2.8	109	21.0	0.4	1.4	0.7	0.0	75	24.1	4.6	2.6	0.6	3.3	3.3	0	28.1
PERFIL 17	0-8	7.5YR 7/1 Gris café cl	7.5YR 4/4 Café	1.2	2.5	5.8	2.6	1.6	Migajón arenoso	12.5	7.7	7.6	7.0	34.3	1.8	59	9.0	2.0	2.3	5.8	0.3	24	30.1	2.0	206	2.8	0	6.6	36.6	39.2
	8-22	7.5YR 8/3 Anaranjado os	7.5YR 6/6 Anaranjado	1.1	2.5	4.0	2.6	3.4	Migajón arcilloso	7.0	8.3	8.1	7.2	32.1	1.3	54	10.0	4.3	2.6	13.3	0.8	22	23.3	9.0	6.0	3.8	0	5.0	3.6	87.4
PERFIL 4	20-45	7.5YR 7/1 Gris café cl	7.5YR 5/2 Café grisáceo	1.1	2.4	2.6	2.0	5.4	Arcilloso	2.3	7.6	7.3	6.8	27.8	1.1	186	23.5	0.5	0.8	1.8	0.0	58	21.3	3.3	12.2	0.8	3.3	0	0	31.2
	45-72	7.5YR 8/2 Gris claro	7.5YR 6/2 Café grisáceo	1.0	2.5	2.6	2.0	5.4	Arcilloso	1.9	7.6	7.3	6.9	23.1	0.8	201	22.0	0.5	0.8	2.2	0.0	52	26.1	5.3	2.7	0.8	3.3	0	0	29.8
PERFIL 7	72-95	7.5YR 8/1 Gris claro	7.5YR 7/3 Anaranjado p	1.0	2.3	3.3	1.3	5.4	Arcilloso	1.9	7.8	7.4	6.7	29.1	0.8	193	30.0	0.5	0.8	1.7	0.0	36	26.6	6.0	2.6	1.0	3.3	0	0	31.2
	95-125	7.5YR 8/1 Gris claro	7.5YR 7/1 Gris café cl	1.0	2.3	3.4	1.4	5.2	Arcilloso	1.8	7.7	7.6	6.7	30.1	0.7	113	21.0	0.4	1.2	1.4	0.0	40	24.0	6.3	2.0	1.8	0	6.6	10.0	32.2
PERFIL 10	0-8	7.5YR 7/1 Gris café cl	7.5YR 4/4 Café	1.2	2.5	5.8	2.6	1.6	Migajón arenoso	12.5	7.7	7.6	7.0	34.3	1.8	59	9.0	2.0	2.3	5.8	0.3	24	30.1	2.0	206	2.8	0	6.6	36.6	39.2
	8-22	7.5YR 8/3 Anaranjado os	7.5YR 6/6 Anaranjado	1.1	2.5	4.0	2.6	3.4	Migajón arcilloso	7.0	8.3	8.1	7.2	32.1	1.3	54	10.0	4.3	2.6	13.3	0.8	22	23.3	9.0	6.0	3.8	0	5.0	3.6	87.4
PERFIL 12	22-40	7.5YR 8/3 Anaranjado os	7.5YR 7/4 Anaranjado	1.1	2.3	4.0	3.0	3.0	Migajón arcilloso	11.0	8.3	8.8	7.3	34.7	0.7	49	6.0	7.8	2.7	22.4	1.5	22	20.1	12.0	3.7	4.4	0	3.0	8.0	105.1
	40-53	7.5YR 8/3 Anaranjado os	7.5YR 7/4 Anaranjado	1.1	2.2	5.2	2.6	2.2	Migajón arcillo-are	15.2	8.3	7.7	7.2	40.0	0.3	56	15.0	12.6	3.2	31.5	2.1	34	27.3	7.3	15.0	4.6	0	16.6	12.3	131.3
PERFIL 15	53-74	7.5YR 8/3 Anaranjado os	7.5YR 7/6 Anaranjado	0.9	2.3	8.5	1.0	5	Arena migajosa	23.0	7.8	7.5	7.1	40.4	0.3	58	11.0	14.7	2.8	36.3	2.5	35	30.1	9.8	16.4	11.0	0	5.0	28.4	120.1
	74-100	7.5YR 8/2 Gris claro	7.5YR 6/4 Anaranjado	1.0	2.3	8.5	1.0	5	Arena migajosa	20.1	8.1	7.5	7.1	31.3	0.1	119	8.9	15.2	2.5	48.5	1.9	45	20.1	0.6	17.3	7.1	0	6.6	260	60.2

drenaje (perfiles 6, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19). Los orthids se localizan en las laderas más jóvenes, donde los procesos morfogenéticos del suelo son muy lentos (perfiles 1, 2 (Figura 5), 9, 10 (Figura 8), 11, 12 (Figura 9), 13, 15 (Figura 10, 20 y 21).

Los horizontes de diagnóstico del área de estudio son: ócrico, cálcico, gípsico, petrocálcico y nátrico. Los suelos

que se clasificaron fueron: Petrocalcic Calciorthid, Typic Camborthid, Aquic Natrargid, Hydric Natrargid, Cumulic Natrargid, Haplic Natrargid, Aquic Paleargid, Calcic Aquargid y Calcic Natrargid (Figura 13).

En cuanto a la composición química de las sales, los perfiles 3, 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19 se caracterizan por la presencia de grandes cantidades de ellas.

Tabla 2.- Clasificación de los suelos del área de estudio.

Perfil Núm.	FAMILIA	CLASIFICACION				ORDEN
		SUBGRUPO	GRUPO	SUBORDEN		
1	Migajón arenoso, delgado, alcalino, permeable, extremoso	Petrocalcic	calcic	orth	id	
2	Arena migajosa, delgado, alcalino, permeable, extremoso	Petrocalcic	calcic	orth	id	
3	Migajón arcilloso, grueso, alcalino, impermeable, extremoso	Aquic	natr	arg	id	
4	Arcilloso, grueso, alcalino, impermeable, extremoso	Hydric	natr	arg	id	
5	Migajón arcillo-arenoso grueso, alcalino, impermeable, extremoso	Hydric	natr	arg	id	
6	Migajón arenoso, grueso, alcalino, poco drenado, extremoso	Cumulic	natr	arg	id	
7	Migajón arcilloso, delgado, alcalino, poco drenado, extremoso	Typic	natr	arg	id	
8	Migajón arcillo-arenoso delgado, alcalino, poco drenado, extremoso	Haplic	natr	arg	id	
9	Migajón arenoso, delgado, alcalino, permeable, extremoso	Typic	calci	orth	id	
10	Migajón arenoso, grueso, alcalino, permeable,	Typic	camb	orth	id	
11	Migajón arcillo-arenoso, delgado, permeable, extremoso	Typic	camb	orth	id	
12	Migajón arcillo-arenoso, alcalino, permeable, extremoso	Typic	calci	orth	id	
13	Migajón arenoso, delgado, alcalino, permeable, extremoso	Petrocalcic	camb	orth	id	
14	Migajón arcilloso, grueso, neutro, poco drenado, extremoso	Aquic	pale	arg	id	
15	Migajón arenoso, delgado, ligeramente alcalino, permeable, extremoso	Petrocalcic	camb	orth	id	
16	Franco, delgado, ligeramente alcalino, poco permeable	Calcic	aqu	arg	id	
17	Migajón arcillo-arenoso, delgado, alcalino, permeable, extremoso	Typic	sal	orth	id	
18	Franco, delgado, ligeramente alcalino, poco permeable, extremoso	Calcic	natr	arg	id	
19	Migajón arcilloso, grueso, alcalino, permeable, extremoso	Calcic	natr	arg	id	
20	Migajón arcillo-arenoso, delgado, alcalino, permeable, extremoso	Lithic	camb	orth	id	
21	Migajón arenoso, delgado, alcalino, permeable, extremoso	Lithic	camb	orth	id	

La composición de las sales en la solución del suelo del área de estudio de Villa de Cos se refiere principalmente a carbonatos, especialmente de calcio; en segundo término están los de sodio. Los sulfatos se encuentran básicamente en forma de sulfatos de calcio (perfiles 16 (Figura 11) y 17 (Figura 12)). Los cloruros, presentes como cloruros de sodio, son de gran importancia como puede observarse en los perfiles 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7) y 17 (Figura 12). El sodio intercambiable constituye más del 15% en la saturación de bases de los perfiles 3, 4 (Figura 6), 5, 6, 7 (Figura 7), 8, 18 y 19.

AGRADECIMIENTOS

Se expresa el debido agradecimiento a la Biól. Lourdes Flores D. y a la M. en C. Ernestina Vallejo G. por las determinaciones de laboratorio realizadas; y a los M. en C. Nicolás Aguilera H. y Rubén Guajardo V., por la revisión y sugerencias al manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Buol, S.W., Hole, F. D., y McCracken, R.J., 1973, Soil genesis and classification: Ames, Iowa State Univ. Press, p. 170-183.

CETENAL, 1971, Hoja Villa de Cos F-13 B-38: México, D. F., Com. Est. Terr. Nal., mapa geol., esc. 1:50,000.

García, Enriqueta, 1964, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Rep. Mexicana): México, D.F., Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geografía, 264 p.

Hernández-Silva, Gilberto, Shimada, M. R., De la Teja, A. O., y Aguilera-Herrera, Nicolás, Estudio edafológico de una zona forestal del Estado de Guerrero: en preparación.

Miranda, Faustino, 1955, Ecología de las zonas áridas de México: México, Inst. Mex. Rec. Renov., 150 p.

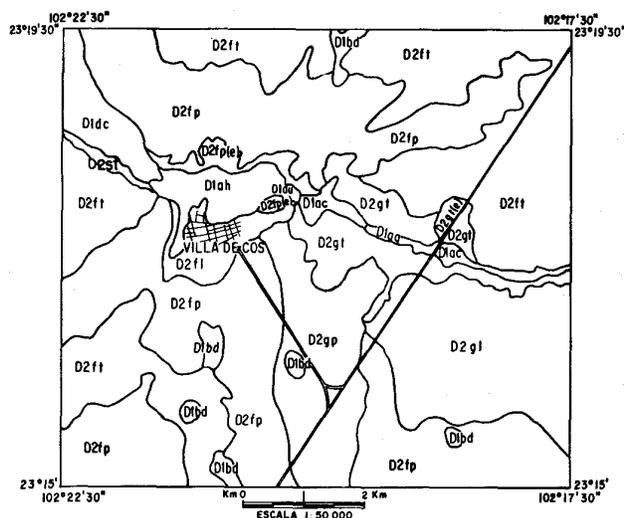
Raisz, Erwin, 1964, Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., mapa con texto, esc. 1:3,000,000.

Richards, L. A., 1964, Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: México, D. F., LIMUSA, 172 p.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1973, Estudio geohidrológico preliminar de la zona de Chupaderos, Villa de Cos, Zacatecas, México: México, D. F., Dir. Geohidrología y Zonas Áridas, Bol. Hidrol. 32.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976, Región Hidrológica Núm. 36 Zona de los Ríos Nazas y Aguanaval: México, D. F., Subsecretaría Planeación, Dir. General Est., Bol. Hidrol. 35.

Soil Survey Staff, 1960, Soil classification 7th approximation: Washington, D. C., U. S. Dept. Agriculture, Soil Conserv. Service., 265 p.



FAMILIA	SUBGRUPO	GRAN GRUPO	SUBORDEN	ORDEN
textura	p= Petrocalcic	a= Natr	1= arg	D= Aridisol (id)
espesor	h= Hydric	b= Pale		
reacción	u= Cumulic	c= Haple		
permeabilidad	i= Haplic	d= Aqu		
temperatura	t= Typic	f= Calci	2= orth	
	q= Aquic	g= Camb		
	c= Calcic	s= Sal		
	l= Lithic			

(e) = fase erosionada

Figura 13.- Mapa de suelos del área de estudio.