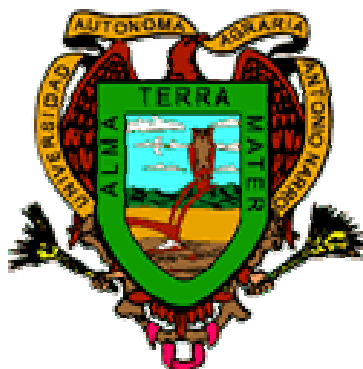


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



***EVOLUCIÓN GENÉTICA DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y
QUÍMICAS EN SUELOS DE FORMACION ANTROPICA***

Por

GERARDO JUÁREZ DÁVILA

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2008**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

EVOLUCIÓN GENÉTICA DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y
QUÍMICAS EN SUELOS DE FORMACION ANTRÓPICA

POR:

Gerardo Juárez Dávila

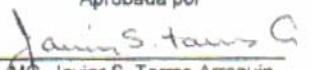
TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por


MC. Javier S. Torres Arreguin
Presidente


Dr. Robert López Cervantes
Asesor


Dr. Edmundo Peña Cervantes
Asesor

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún
Asesor


Dr. Raúl Rodríguez García
Coordinador de la División de Ingeniería
Coordinación de
Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por la oportunidad que me ha dado de llegar a este momento, de ver realizada, concluida y transformada mi vida.

A mi alma mater (UAAAN), que me permitió fermarme como persona y profesionista, proporcionándome los conocimientos básicos para desempeñarme en vida profesional futura.

A mis padres Agustín y Sofía, por todo el apoyo que me han brindado para la formación profesional de mi vida y carrera como Ingeniero Agrícola y Ambiental, por que como muchas otras, nos ofrece grandes cosas, pero se requiere de una gran preparación y voluntad para tener acceso a ella; por que sin ellos no lo hubiera logrado.

Amis abuelitos Alfredo y Natalia, por sus oraciones y bendiciones constantes como sus buenos deseos para mi vida, y la disciplina para apegarme a los buenos hábitos que es el peaje que pagamos los campeones.

Amis hermanos Juan, Laura, Agustín y Daniel por su respaldo incondicional y determinación para que concluyera mi formación como profesionista y ser capaz de lograr que mis sueños coincidan con mis logros.

A mis sobrinos, Tías y demás familiares, a si como a mis amigos y a todas las personas que me ayudaron de manera directa e indirecta en esta formación profesional por que es el barco que todos navegamos y somos corresponsables de su destino; vivir sin un propósito, es como navegar sin brújula.

De manera especial a Doña Ruma y a su familia por su hospitalidad y cobijo al considerarme como parte de su familia. Ya que las acciones son el integrante mágico para que nuestros propósitos se vuelvan una realidad.

Al M.C. Javier S. Torres Arriguin mi asesor de tesis por sus pensamientos positivos, que me ayudaron a encontrar la linterna mágica que alumbrara mi camino a sí como su tiempo invertido para acercarme a la meta.

Al Departamento de Suelos por todas las atenciones brindadas, de forma especial a su planta docente y administrativa.

Quien piensa conquistar el Everest, deberá de conquistar y disfrutar antes, una serie de pequeñas cumbres. Un gran logro está compuesto por la suma de muchos pequeños logros.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
GENERALIDADES.....	7
El suelo.....	7
El suelo un continuo tridimensional.....	8
El pedón.....	9
El suelo un continuo en el tiempo.....	9
El perfil del suelo.....	10
Génesis de Suelos.....	10
Clima.....	11
El relieve.....	13
Organismos o seres vivos.....	15
Tiempo.....	16
FORMACIÓN DEL SUELO.....	18
Procesos de formación del suelo.....	19
COMPOSICIÓN DEL SUELO.....	19
Regímenes de Humedad y Temperatura.....	20
Regímenes de humedad.....	21
Regímenes de temperatura.....	22
ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE SUELOS DE ZONAS ÁRIDAS.....	23
Desiertos y Áreas Semiáridas.....	23
Bienes y Servicios de las Zonas Áridas.....	24
Agua dulce.....	25
Biodiversidad.....	25
Energía.....	25
Suelos.....	26
Algunos Parámetros Físicos y Químicos del Suelo.....	26
Color.....	26
Textura del suelo.....	27
Carbonatos en el suelo.....	29
Material original.....	29

Relieve.....	29
Vegetación.....	30
Clima.....	30
Edad.....	31
Materia Orgánica.....	31
Estructura.....	32
Aire del suelo.....	33
pH del suelo.....	34
Densidad real y Densidad aparente.....	35
Nitrógeno total en suelos y plantas.....	35
Clases de paja, composición y contenido en principios nutritivos.....	36
La descomposición de la paja en el suelo.....	36
INTERVENCIÓN DEL HOMBRE EN EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL SUELO.....	36
Clasificación de Suelos.....	36
Tipos de clasificaciones.....	38
Algunos otros sistemas anteriores de clasificación de suelos.....	38
Taxonomía de suelos (USDA 1975).....	39
MATERIALES Y METODOS.....	40
Localización del Área de Estudio.....	40
Caracterización del Área en Estudio.....	40
Ubicación del área de estudio.....	42
Descripción del trabajo.....	43
RESULTADOS.....	47
Caracterización del suelo.....	47
CONCLUSIONES.....	61
LITERATURA CITADA.....	63

EVOLUCIÓN GENÉTICA DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS DE FORMACIÓN ANTRÓPICA

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista agrícola podemos resumir al suelo como un sistema altamente complejo y dinámico que está constituido por una capa superficial, relativamente delgada, material más o menos delgado que se encuentra sobre la litosfera. En gran parte de este pequeño material depende la vida y el crecimiento de la mayoría de los ecosistemas y seres que habitamos este planeta.

El concepto del suelo ha evolucionado de acuerdo a nuevos conocimientos y descubrimientos durante los últimos 150 años principalmente.

El concepto más completo es el de S.S. Staff, 1975, que define al suelo como "La colección de cuerpos naturales que se encuentran sobre la superficie terrestre, en algunos sitios modificados o incluso originados por la actividad humana, originados por materiales terrosos, que contienen materia viva, que sustentan o son capaces de sustentar plantas al aire libre. Su límite superior es el aire o láminas de agua con poco espesor. Y el límite inferior hacia aguas profundas o hacia cuerpos desnudos de roca o hielo, el material madre subyacente es quizá el más difícil de definir, pero en algunos casos es relativamente fácil por sus características morfológicas.

Según Benavides (1977), las características de los suelos pueden clasificarse temáticamente en: características morfológicas, composicionales, pedoclimáticas y posicionales.

➤ Las características morfológicas son aquellas que podemos ver palpar y medir en el campo: color, estructura, horizontes, espesor, poros, cutanes, relieves de horizonte, etc.;

➤ Las características composicionales. Se refiere a aquellas que se pueden medir cualitativamente o cuantitativamente en el campo y/o en el laboratorio, estas pueden ser físicas: textura, densidad, humedad, velocidad de infiltración, etc.; Químicas: pH, PSB, carbono orgánico, fósforo.; Mineralógicas: limos, tipos de arcillas, composición de arenas, aluminosilicatos cristalinos, etc.; y Biológicas capacidad de nitrificación, presencia de ácidos húmicos, fúlvicos, y población microbiana.

➤ Características pedoclimáticas: son aquellas relacionadas con el régimen de humedad y temperatura del suelo.

➤ Características posicionales: se relaciona básicamente con los aspectos de la morfología externa, como resultado de la geogénesis del paisaje donde se ubica el suelo estudiado: microrelieve, forma de la pendiente, gradiente, pedregosidad, etc.

Todas estas características están en constante evolución y su dinamismo dependerá básicamente de la intensidad con que los cinco factores de formación del suelo interactúen entre si originando todos los procesos de formación del suelo.

Sin embargo, cuando interviene el hombre en la formación de los suelos, acelera su evolución natural, que dependerá del grado de intervención que tenga.

PALABRAS CLAVE: Evolucion genretica de suelos, Clasificacion de suelos antropicos.

OBJETIVO

- Determinar la evolución de algunas características físicas y químicas de suelos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”
- Clasificar taxonómicamente el suelo a nivel de subgrupo

HIPÓTESIS

El manejo de suelos por el hombre es una actividad que acelera los procesos de formación y la evolución genética de los mismos

REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES

El suelo

El suelo es la delgada capa superficial fértil de la corteza terrestre, constituida de material orgánico y mineral no consolidado y desagregado. Debido a la constante evolución geológica y ambiental de nuestro planeta, los suelos se forman y desaparecen, de tal manera que los suelos de ahora serán la roca madre del mañana geológicos. Sin embargo, un mismo periodo de tiempo puede producirse muchos cambios en un suelo y pocos en otro, dependiendo de los factores a los cuales están sujetos; por lo tanto, existen diferentes tipos de suelo de acuerdo con los factores de formación del suelo en cada región.

El concepto suelo y su génesis ha evolucionado a través del tiempo, existen muchos artículos que se han escrito (Simonson, 1959,1962, 1968; Cline, 1961,1962; Smith, 1962, 1965.) de excelente calidad que en forma colectiva comprueban que el concepto suelo y sus teorías genéticas permanecen por un tiempo, de acuerdo al momento histórico, es decir son un reflejo del avance y nivel de conocimientos alcanzados en la ciencia del suelo en ese momento.

Razón por lo cual decimos que el concepto de suelo es dinámico, así como el mismo, está en constante cambio.

Los escritos de Simonson (1959, 1962 y 1968) sobre este tema permiten concluir el que la concepción del SUELO como: “el medio natural para el crecimiento de las plantas a campo raso” independientemente de que el medio tenga o no horizontes, fue quizá la primera en afianzarse en la mente del hombre.

Este concepto, originado en la época en que el hombre pasó de la etapa de cazador nómada a la de agricultor, cambió a través de los siglos, aún después de que la química y nombres como el de Wallerius (1761), Davy (1813), Liebig (1843), etc., hicieron su aparición con el estudio del humus y de la relación planta suelo. (Mejía, 1985).

El suelo un continuo tridimensional

El perfil simplemente es una sección bidimensional del suelo. Sin embargo, éste en realidad se extiende lateralmente en todas direcciones sobre la superficie de la tierra, formando un continuo tridimensional. Esta propiedad tiene una importancia considerable y fundamental, es posible que se desarrollen ideas falsas acerca de los suelos. Además, la secuencia de los horizontes de cualquier perfil no es la misma en todos los puntos de la extensión del suelo (FitzPatrick, 1984).

En las partes medias e inferior del suelo los horizontes son muy irregulares y cambian en una forma aparentemente caprichosa. También, las partes superior e inferior del horizonte pueden mostrar patrones de cambio diferentes. La mayoría de los horizontes son continuos, pero la trayectoria muy irregular de la delgada capa de hierro ha ocasionado que el horizonte de acumulación de hierro sea discontinuo. Este patrón general de cambio es muy común, presentándose en el mundo en muchos tipos de suelos diferentes.

En una distancia mucho mayor, uno o más de los horizontes cambian gradualmente en dirección lateral a horizontes con propiedades muy distintas. A menudo esos cambios se manifiestan por variaciones en color acompañadas por cambios en las propiedades físicas y químicas que son de mayor importancia que las variaciones de color. Sin embargo, en el campo, los cambios de color a menudo son los más evidentes. La distancia en la que cambia un horizonte individual con rareza es la misma, pues mientras uno o más de ellos pueden cambiar por completo en una distancia dada, otros continúan sin alteración y tienen una distribución espacial más grande. La disimilitud de las tasas de cambio en los horizontes es otra característica importante del suelo (FitzPatrick, 1984).

El suelo está localizado en el espacio a lo largo de un eje vertical entre el aire libre de arriba y el sustrato geológico, abajo, y en un plano horizontal al material que no se considera suelo, es decir, agua profunda, hielo, afloramientos de roca, etc.

El cuerpo de suelo individual está limitado lateralmente por otros cuerpos de suelo o por materiales que no son suelo. Los cuerpos de suelos adyacentes pueden diferenciarse sobre la base de la profundidad del solum (Boul *et al* 1981).

El pedón

Un pedón es el volumen más pequeño que se puede reconocer como suelo individual y se ha descrito como sigue (Soil Survey Staff, 1960).

Un pedón es el volumen más pequeño que puede llamarse “suelo”... el pedón tiene tres dimensiones. Su límite inferior es el límite vago y algo arbitrario entre suelo y “no suelo”. Las dimensiones laterales son lo suficientemente grandes como para permitir el estudio de la naturaleza de cualesquiera horizontes presentes, pues un horizonte puede ser variable en espesor o aun discontinuo.

El concepto de PEDON (Simonson, 1962) adoptado por la taxonomía de suelos (S. S Staff, 1975) aunque pueda no ser la mejor o la única solución, es una consecuencia lógica de la definición de suelo que se da dentro del contexto y llena los requerimientos del sistema.

Se entiende por PEDON; el área más pequeña que debemos descubrir y muestrear en un suelo (polipedón), a fin de que pueda considerarse representativa de la naturaleza y ordenamiento de sus horizontes y de la variabilidad de las demás propiedades susceptibles de ser estudiadas y determinadas en las muestras (Mejía, 1985).

El suelo un continuo en el tiempo

En consecuencia, el suelo muestra no solo una diferenciación vertical de los horizontes, sino también otra lateral debido a los movimientos de la superficie. De hecho, el desgaste de las montañas para producir planicies es en realidad la formación, remoción y redistribución progresivas de la chapa del suelo.

Además de la redistribución del material de la superficie, la parte interna del mismo está perdiendo iones por drenaje interno o ganándolos por acarreo lateral, de tal manera , que no son estáticas ni la superficie ni el interior del suelo. El resultado de esos y otros cambios continuos y progresivos es un sistema dinámico complejo que forma un continuo tangible en tres dimensiones y que cambia con el tiempo. Esos cambios progresivos con el tiempo pueden causar una alteración profunda en el carácter de los horizontes, cuyas propiedades también están cambiando de manera continua. En consecuencia, los horizontes pueden cambiar tanto en espacio como en tiempo, siguiéndose de ello que los suelos tienen cuatro dimensiones y forman un continuo de espacio-tiempo (FitzPatrick, 1984).

El perfil del suelo

Para los agricultores y los jardineros, por lo general, el suelo lo constituyen los escasos centímetros superiores de la corteza terrestre que son cultivados o penetrados por las raíces de las plantas. Ese concepto, aunque en muchos casos adecuados, al mismo tiempo es limitado y no permite una apreciación completa de las grandes diferencias que existen entre los diversos suelos ni una comprensión completa de sus potencialidades y de los problemas para su mejoramiento. El pedólogo reconoce que no sólo existe la capa superficial, sino que debajo hay muchas otras y toma también en consideración las relaciones entre los suelos y las fuerzas del medio, siendo así una actividad mucho más abierta, fundamental y comprensiva (FitzPatrick, 1984).

Suele definirse como la exposición vertical (plano bidimensional) de los horizontes de uno cualquiera de los pedones que integran el polipedón o cuerpo de suelo individual (Mejía, 1985).

Un perfil de los suelos completo es la exposición vertical de una porción superficial de la corteza terrestre que incluye todas las capas que han sido alteradas edafogénicamente durante el periodo de formación del suelo y, también, las capas más profundas que incluyeron en la edafogénesis. El perfil de un suelo puede observarse en un hueco recién cavado, a lo largo del talud de una carretera o en muchos otros lugares (Boul, *et al*, 1981).

Génesis de Suelos

Dokuchaev estableció de manera sólida que los suelos se desarrollan como resultado de la interacción de cinco factores: material madre, clima, organismos, topografía y tiempo (Vilenski, citado por Boul *et al.* 1973). Los primeros cuatro son factores tangibles que interactúan en el tiempo para crear cierto número de procesos específicos que conducen a la diferenciación de horizontes y a la formación de suelos. Algunos investigadores, en particular Jenny (1941), han tratado de demostrar, en forma nada convincente, que esos factores son variables independientes; esto es, que cada uno de ellos puede cambiar y variar de un lugar a otro sin influencia de ninguno de los otros. Sólo el tiempo puede considerarse como una variable independiente; los otros cuatro dependen en mayor o menor grado uno de otro, del suelo mismo o de algún otro factor. Además, algunos materiales maternos como los depósitos glaciales, son resultado de procesos geológicos en los que tiene gran influencia el clima, pero algunos de ellos pueden formarse como resultado de fenómenos tectónicos y, por tanto, son independientes de los otros factores de formación del suelo (FitzPatrick, 1984).

Es importante que tomemos en consideración que el suelo moderno actual, tal como lo vemos y estudiamos, debe sus propiedades a los siguientes aspectos: a) la composición de la capa superficial presente, cuando iniciaron sus efectos el conjunto actual de factores ambientales y b) a las modificaciones resultantes del efecto de esos factores en el tiempo (Boul, *et al.*, 1981).

Clima

Siendo el clima el principal factor que determina la tasa y tipo de formación de suelos, así como el principal agente que determina la distribución de la vegetación y el tipo de procesos geomorfológicos, forma la base de muchas clasificaciones de fenómenos naturales, incluyendo los suelos. Los datos en que se basan los promedios, por lo general, se han acumulado cuando menos durante 35 años, para tomar en cuenta las diferencias, a veces grandes, en los patrones anuales de precipitación y temperatura.

Los datos sobre el clima del suelo son escasos debido a las dificultades que presenta efectuar las mediciones necesarias dentro del suelo mismo y a menudo por la carencia de equipo adecuado. Por ello, muchas inferencias se

basan ya sea en observaciones ocasionales sin el apoyo de mediciones adecuadas o en extrapolaciones efectuadas empleando datos climatológicos atmosféricos. A pesar de esas dificultades y deficiencias, es posible presentar muchos enunciados generales acerca del clima del suelo y sus efectos usando los datos disponibles de clima de la atmósfera y del suelo, aunados a razonamientos basados en principios físicos y químicos.

El clima del suelo tiene los mismos dos componentes principales que el clima atmosférico: temperatura y humedad (FitzPatrick, 1984).

La precipitación, la temperatura y los vientos son muy importantes en la producción de las diversas clases de suelos, en la producción de la vegetación nativa y en la productividad resultante de las tierras para plantas de cultivo, pastoreo y bosque maderable (Storie, 1970).

El efecto de estos dos agentes se traduce en la meteorización física y química de las rocas y minerales, solución del suelo, en la translocación de compuestos y coloides de una parte a otra del perfil o fuera de el, y en la intensidad de un gran número de procesos biológicos, químicos y físico-químicos de los cuales depende el desarrollo de los suelos. Este efecto en la mayoría de los casos depende en cierto grado de otras condiciones inherentes al suelo o al medio ambiente (ejm. pH, porosidad, permeabilidad del suelo, textura, etc.)

Jenny y Leonard (1934), Jenny (1941), Prescott (1931) en numerosa experiencias demostraron que los efectos específicos de la precipitación en suelos de la zona templada, y corroborados en parte en suelos del área intertropical (Jenny, 1950; Suárez de Castro y Rodríguez, 1956) citados por (Mejía, 1985) interviene en:

- El contenido de materia orgánica y de N tiende a aumentar, a medida que aumenta la precipitación o el contenido de humedad de los suelos.
- En suelos con el mismo material parental y bajo condiciones similares de temperatura y relieve, la CIC tiende a aumentar logarítmicamente con la precipitación.
- El contenido de arcilla en el solum aumenta a medida que se incrementa la precipitación.
- Al aumentar la precipitación, la profundidad de los carbonatos aumenta.

➤ A temperatura constante el porcentaje de agregados en los suelos tiende a aumentar hasta un cierto punto en que este porcentaje es óptimo. A partir de este punto, a medida que la precipitación aumenta, el porcentaje de agregados tiende a disminuir (Baver 1934).

➤ La meteorización de las rocas y minerales aumenta con la precipitación. A medida que aumenta la precipitación tiende a aumentar la tasa de desilificación. Por lo tanto, tienden a formarse y a predominar en el suelo mineral con bajo contenido de sílice (Sherman, 1952; Hay Jones, 1972; Barshad, 1966) citados por (Mejía, 1985).

El efecto de la temperatura sobre el suelo es muy importante, no solo en la meteorización física y química del material parental, sino porque ejerce una acción directa en la formación de los suelos al aumentar la velocidad de las reacciones químicas. Según la ley de Van Hoff, por cada 10 °C de aumento en la temperatura la velocidad de las reacciones químicas tiende a duplicarse. Numerosas experiencias sobre el efecto específico de la temperatura han demostrado que:

➤ Bajo condiciones de humedad similares, el contenido de Nitrógeno y de materia orgánica tiende a disminuir a medida que aumenta la temperatura.

➤ El contenido de arcilla tiende a aumentar a medida que incrementa la temperatura. Este efecto es mucho más pronunciado en las regiones húmedas que en las regiones áridas.

➤ A medida que la temperatura aumenta tiende a aumentar el grado de meteorización y de lixiviación de los suelos.

➤ Cuando la precipitación permanece constante, a medida que incrementa la temperatura, el porcentaje de agregación de la arcilla y limo es afectado en forma diferente en las regiones semiáridas y húmedas. En zonas semiáridas el porcentaje de agregación tiende a disminuir, en tanto que en las zonas húmedas tiende a aumentar.

La importancia tan enorme que tiene el clima en la formación y evolución de los suelos ha sido relevada por Strakhov (1967) y Birkeland (1974) citados por (Mejía, 1985).

En la zona desértica y semidesértica, predominan los Aridisoles, con bajos contenidos de materia orgánica, saturación de bases altas, altos

contenidos de sales y/o carbonatos, y predominio de minerales de tipo 2:1 en la composición del complejo de cambio. Estas características son el resultado de la escasa lixiviación (Mejía, 1985).

El relieve

El relieve influye en la distribución de las fuerzas climáticas y los agentes de los materiales del suelo. Las variaciones de aspectos y elevación influyen en la distribución de la energía, el agua pluvial, los nutrientes de las plantas y la vegetación, mediante a) condiciones variables de actividades orgánicas, como la exposición directa de la flora y la fauna del suelo a los rayos directos del sol, la mezcla de materiales minerales del suelo y materias orgánicas por los animales; b) la exposición del suelo al viento; c) la exposición del suelo a las precipitaciones, incluyendo nevadas y ventiscas; d) las condiciones de drenaje natural, incluyendo la profundidad del nivel freático; e) las condiciones de corrientes de agua y erosión, positiva y negativa, y f) las condiciones para la acumulación y el retiro de depósitos por el viento (Boul, *et al*, 1981).

La topografía se refiere al aspecto de la superficie terrestre y es sinónimo de relieve. Incluye a las imponentes cordilleras y a las planicies monótonas, que dan ambas la impresión de una estabilidad considerable y apariencia de ser eternas. Sin embargo, no es ese el caso, ya que se sabe de numerosas investigaciones de todas las superficies terrestres que aun las zonas formadas por rocas muy duras como el granito están cambiando constantemente por intemperización y erosión. Además está bien establecido que finalmente todas las montañas se desgastan, formando superficies planas u onduladas, pero que ese proceso es muy lento y en el caso de montañas como las Himalayas o los Andes toma muchos millones de años. Sin embargo, existen unas cuantas estructuras topográficas como las dunas arenosas y los volcanes que pueden cambiar o desarrollarse con bastante rapidez. Por tanto, la topografía no es estática, sino forma un sistema dinámico, cuyo estudio se conoce como geomorfología.

En sitios planos o con pendiente ligera, siempre hay la tendencia a que el material se quede en su sitio y que la unidad pedológica sea gruesa, pero a medida que aumenta la inclinación de la pendiente, se incrementa el riesgo de erosión dando por resultado que en las pendientes fuertes los suelos sean

delgados. Donde hay una cubierta de vegetación bastante gruesa, se acumula suelo aun en pendientes pronunciadas (FitzPatrick 1980).

Weyman, D. y Weyman, V. (1977) las formas del relieve son algo cambiantes a lo largo del tiempo y estas variaciones afectan a los suelos que se desarrollan en ellas.

Donahue (1963) las propiedades de los suelos están íntimamente ligadas a las propiedades del material original del cual se desarrollaron.

Los suelos que se forman dentro de una misma área climática, del mismo material parental y se desarrollan en empinadas colinas, generalmente tienen delgados horizontes A y B a causa del poco movimiento del agua a través del perfil, como un resultado de la escorrentía y de la facilidad con que erosionan estas superficies (Donahue, 1987).

En las posiciones geomórficas estables, el suelo podrá alcanzar un mayor grado de diferenciación de los horizontes (Porta, López-Acevedo y Roquero, 2003).

La topografía en los suelos ejerce una marcada influencia en su formación, evolución, desarrollo y características, que en ocasiones en un mismo paisaje y a pocos metros existen diferencias morfológicas contrastantes.

El relieve influye por lo general con lo siguiente:

- La profundidad o espesor del sólum y del horizonte A.
- Contenido de materia orgánica en el horizonte A.
- El color.
- Contenido de humedad.
- Diferenciación entre horizontes.
- El pH.
- El contenido de sales solubles.
- La temperatura del suelo.
- El grado de meteorización del material parental.
- La presencia o ausencia de capas compactas en al perfil del suelo.
- La localización del nivel freático.

Organismos o seres vivos

Esta denominación involucra toda una comunidad biótica a la que pertenecen la vegetación natural y los cultivos, la población microbiana del suelo, el hombre y la macrofauna que habita en y sobre el suelo. No obstante, entre todos estos factores por lo general se confiere la máxima importancia a la vegetación. Suele decirse en general, que el carácter de la vegetación natural expresa la suma de los factores climáticos del medio en el cual crece. Por otra parte, es tan íntima la interrelación que existe entre la vegetación, el clima, y el suelo, que resulta muy difícil deslindar la influencia de la vegetación como un factor independiente (Jenny, 1958; 1941).

Concretamente, el efecto de la vegetación como factor de formación depende del volumen y la naturaleza de los residuos que aporta la superficie del suelo. Numerosas experiencias han demostrado la influencia de diferentes tipos de vegetación en las características de los suelos, tal como lo muestran los resultados de White y Riecken (1955). Más recientes aún son los datos de Zinke (1962) quien demostró el efecto de un ejemplar de pino (*pinus contorta*) sobre la superficie de los suelos distribuidos radialmente a distancias variables del tronco y corona del árbol. Relaciones similares han sido comprobadas por otros autores (Gesper y Holowaychuc, 1970).

El papel de los micro y macroorganismos del suelo no requieren ser analizados para resaltar su importancia en la descomposición y mineralización de la materia orgánica de los suelos, o en la homogeneización y translocación de los materiales del suelo. Numerosos trabajos han demostrado el efecto de hormigas y termitas en la concentración selectiva de elementos como el zinc, oro, etc. (Watson, 1974). El papel del hombre tiende a modificar sustancialmente las características del suelo bien positiva (ej. Formación de horizontes plágenos, fertilización, abonos, etc.), o negativamente (ej. Manejo inadecuado de los suelos).

Tiempo

Podemos considerar el tiempo, al igual que el espacio, como un continuo y, sin embargo, reconocer un “tiempo cero” para un suelo dado. Cero es el punto en el tiempo en se completa un suceso catastrófico desde el punto de vista edafológico, lo cual inicia un nuevo ciclo de desarrollo de suelos. La catástrofe puede ser un cambio repentino en la topografía de la superficie del terreno o el nivel freático, causado por un levantamiento geológico o la

inclinación de una masa de la litosfera, el cambio rápido de una ladera que se retrae, debido a la erosión geológica (Ruhe, 1960; la “inconformidad topográfica” de Thwaites, 1946) o la formación o erosión acelerada de las tierras, por iniciativa de los seres humanos.

Teóricamente, se puede mantener constantes otros factores de estado (clima, materiales orgánicos diseminados, topografía y materiales iniciales) y dejar que el tiempo sea la única variable de desarrollo de los suelos.

La relación entre suelos y tiempo se puede analizar en relación a los siguientes aspectos: a) la etapa relativa de desarrollo; b) las fechas absolutas de horizontes y perfiles; c) el índice de formación; d) la relación con la edad de la pendiente y la tierra, y el complejo asociado de intemperización, y e) la inspección de experimentos efectuados por el hombre, el aire libre y en los laboratorios (Boul, *et al*, 1981).

En general, el tiempo como factor de formación determina el grado en el cual los demás factores alcanzan su máxima expresión.

Teniendo en cuenta que el perfil que caracteriza un determinado tipo de suelo (Ej. Un determinado orden) representa la suma total de las propiedades individuales de los suelos, puede decirse que un perfil alcanzará su “estado estable” solo en el momento en que sus características más distintivas lo alcancen también. Sobre esta base, es lógico pensar que los suelos de diferentes órdenes caracterizados por muy diferentes horizontes diagnósticos, variarán considerablemente en relación con el tiempo necesario para alcanzar el pleno desarrollo tanto de sus características individuales (Ej. horizontes diagnósticos superficiales y subsuperficiales), como de la morfología global que lo caracterizan. Estas variaciones en función del tiempo han sido esquematizadas por Yaloom (1971) y Birkeland (1974) en las figuras 4.1 y 4.2.

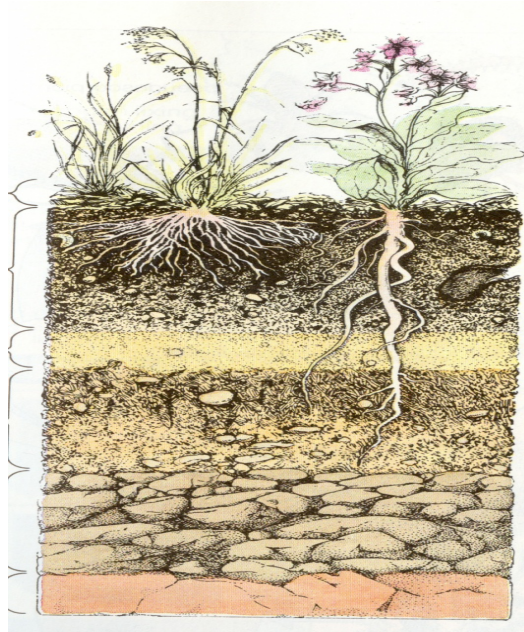


Fig.4.1 Tiempo necesario para la formación de diferentes horizontes diagnósticos en estado estable



Fig.4.2 Tiempo necesario para la formación de diferentes órdenes de suelo.

FORMACIÓN DEL SUELO

La formación del suelo se lleva a cabo en tres etapas:

- Etapa de disgregación, rotura o alteración, de forma que factores como el clima (cambios de temperatura, de humedad, etc.) actúan sobre la roca madre fragmentándola.

- Etapa de colonización de estos fragmentos por parte de la flora y la fauna, formándose la materia orgánica y el humus, que junto con el clima comienzan a determinar las características físicas, químicas y biológicas del futuro suelo.
- Etapa de desplazamientos verticales de elementos. Hacia abajo son de lavado o lixiviación y hacia arriba son de exportación o extracción. Estos movimientos verticales van formando el perfil del suelo, integrado por horizontes, que son capas de suelo más o menos paralelas a la superficie terrestre con características propias que los hacen diferentes de las capas adyacentes.

Inorgánica: Grava, arena, limo. pyright © 2002 - 2004 AgroInformacion.com All Rights Reserved
<http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=129>

Procesos de formación del suelo

Simonson (1959) los procesos formadores del suelo son aquellos que provocan los cambios en el suelo, es decir, son la causa de que este vaya evolucionando a lo largo del tiempo.

Muhs (1984) la importancia de cada factor formador puede cambiar a lo largo del tiempo, lo que puede hacer variar la velocidad e incluso la trayectoria de desarrollo del suelo, es decir, el tipo de procesos. Estos cambios pueden ser debidos a variaciones en el clima, la vegetación o responder a aspectos internos.

El material originario representa el estado inicial del sistema que puede ser una roca consolidada, un depósito no consolidado o un suelo preexistente. Es el suelo en el momento cero. Un mismo tipo de roca, que evolucione bajo distintas condiciones de medio, puede dar lugar a suelos con distintas características, mientras que diferentes rocas, bajo un clima suficientemente energético y con una acción prolongada, pueden dar lugar suelos análogos (Porta, López-Acevedo y Roquero, 2003).

La base es la roca madre, que, por acción de los factores del clima (precipitaciones, frío, calor y vientos), se va descomponiendo en partes cada

vez más pequeñas. Este proceso se denomina meteorización, que puede ser física (calor, frío, humedad) y química (hidratación, hidrólisis, solución, oxidación, reducción). Hay factores que aceleran y retardan la formación de suelos. Los factores que la aceleran son climas calurosos y húmedos, la vegetación, la topografía plana, y depósitos no consolidados con bajo contenido de cal (**Black y Mendiola, ____**).

COMPOSICIÓN DEL SUELO

Todo suelo se encuentra compuesto por tres fases:

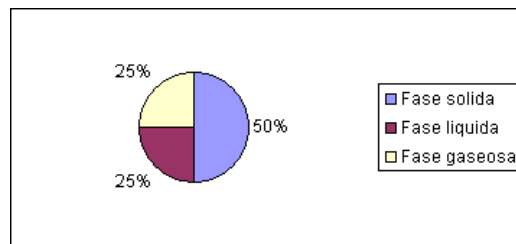


Figura 2.3 Fases del suelo y sus porcentajes.

- Fase gaseosa. Los poros se encuentran llenos de gases similares a los atmosféricos además de los resultantes de la actividad microbiana.
- Fase líquida. Es de naturaleza acuosa y lleva en disolución sustancias orgánicas e inorgánicas, generalmente de bajo peso molecular (ácidos orgánicos, cationes y aniones inorgánicos, alcoholes, etc.). De esta fase se nutre la planta y su composición está controlada por la fase sólida.
- Fase sólida. Es la fase más estable y la que se utiliza para la identificación del suelo, esta fase puede ser orgánica o inorgánica.
- F. Orgánica. Compuesta por materia orgánica dosificada como:
 - Humus
 - Materia orgánica sin descomponer (materiales sápricos, hémicos y fíbricos).
- F. Inorgánica. Compuesta por partículas minerales de suelo clasificadas en función de su tamaño:
 - Grava
 - Arena
 - Limo
 - Arcilla

Al mismo tiempo podemos establecer otra clasificación de la fase sólida del suelo según su fracción coloidal o no coloidal:

➤ Fracción coloidal o activa.

Comprende elementos menores de 0,002 mm. y puede ser:

Orgánica: Humus

Inorgánica: Filosilicatos, óxidos de hierro y de aluminio.

➤ Fracción no coloidal o inactiva.

Engloba elementos mayores de 0,002 mm., pudiendo ser:

Orgánica: Materia orgánica sin descomponer como hojas de plantas, raíces, etc.

Inorgánica: Grava, arena, limo. pyright © 2002 - 2004
AgroInformacion.com All Rights Reserved
<http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=129>

Regímenes de Humedad y Temperatura.

En la clasificación de suelos los regímenes de humedad y temperatura son esenciales, ya que por su importancia en la formación de suelos actúan en un sin fin de procesos de formación, los cuales originan una variedad de clases de suelos a diferentes niveles de clasificación.

Se refiere al clima edáfico (contenido de humedad y temperatura). El régimen de humedad se refiere a la presencia o ausencia de agua subterránea o de agua retenida a una tensión menor de 15 bares en el suelo o en horizontes específicos por periodo de un año. El régimen de temperatura se refiere a la temperatura media anual del suelo a una profundidad de 50 centímetros.

Según que la diferencia entre la temperatura media (a 50 cm. de profundidad) de los periodos más fríos y más cálidos sea menor o mayor de 5°C se han establecido dos grandes clases que diferencian nítidamente los suelos de latitudes medias y altas de las de la zona intertropical. (Mejía, 1985).

Regímenes de humedad

➤ Acuico. Cuando el suelo permanece completamente saturado con agua exenta de oxígeno disuelto durante periodos relativamente largo en el año (pero indeterminados). La duración y periodicidad de la saturación debe ser suficiente como para imprimir en la morfología de perfil los

colores a que da lugar un ambiente netamente reductor (v. g. intensa gleización, predominio de Fe⁺⁺, etc).

- Udico. Cuando el suelo en la mayoría de los años no permanece seco en ninguna de sus partes por más de 90 días acumulativos. Es común en climas húmedos con lluvias bien distribuidas en los cuales aún durante el verano el volumen de la precipitación es mayor que el volumen de la de la evapotranspiración potencial (EVP).
- Ustico. Lo poseen los suelos que permanecen en alguna o en todas las partes del perfil durante más de 90 días acumulativos en el año. En las zonas tropicales, los suelos con este régimen tienen por lo menos durante 9 meses del año una EVP >precipitación, pero están sujetos a un periodo lluvioso de 3 meses o mas.
- Árido y Tórico. Cuando el suelo en la mayoría de los años permanece seco en todo el perfil, la mitad del tiempo acumulativo, cuando la temperatura del suelo esta por encima de 8°C.
- Tórico. Se aplica en suelos secos y calidos. El régimen Árido se aplica a suelos secos, independientemente de su temperatura.
- Xérico. Lo poseen los suelos secos de los climas mediterráneos (con estaciones) de latitudes medias y altas. No se aplica por tanto a los suelos de la zona tropical.

Regimenes de temperatura

A. Primer caso.

La diferencia entre la máxima y la mínima (invierno y verano) es > 5°C, rigen los siguientes regimenes:

- Pergélico. Cuando la temperatura media anual del suelo es menor de 0°C.
- Cryico. Cuando la temperatura media anual del suelo es mayor de 0°C pero menor de 8°C.
- Frigido. Cuando la temperatura media anual del suelo es menor de 8°C. En el régimen frigido la temperatura en el verano es mayor que la del Cryico. En general son casi iguales.
- Mésico. Cuando la temperatura media anual del suelo es >8°C pero menor de 15°C.

- Térmico. Cuando la temperatura media anual del suelo es mayor e igual a 15°C pero menor de 22°C
- Hipertérmico. Cuando la temperatura media anual del suelo es superior a 22°C.

A. Segundo caso.

La temperatura es casi constante durante todo el año (zonas intertropicales) y la diferencia de temperatura entre el periodo más frío y el más calido es menor de 5°C. en este caso se aplican los siguientes regimenes:

- Régimen Isofrígido. Cuando la temperatura media anual del suelo es menor de 8°C.
- Régimen Isomésico. Cuando la temperatura media anual del suelo es mayor de 8°C pero menos de 15°C.
- Régimen Isotérmico. Cuando la temperatura media anual del suelo es mayor de 15°C pero menos de 22°C.
- Régimen Iso-hipertérmico. Temperatura media anual del suelo es mayor e igual a 22°C.

La determinación de la temperatura media anual del suelo debe hacerse idealmente mediante mediciones periódicas con geotermómetros instalados con este fin (Mejía, 1985).

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE SUELOS DE ZONAS ÁRIDAS.

Desiertos y Áreas Semiáridas.

Los desiertos son regiones en donde las lluvias son demasiado escasas para que sea posible cualquier forma de vida. Sin precipitaciones suficientes las plantas no crecen adecuadamente y no proporcionan los alimentos necesarios para los animales, ejemplos de esta situación se observan en vastos sectores del Sahara central y septentrional y del desierto de Atacama en Chile y Perú, zonas ocupadas por superficies rocosas secas o grandes extensiones de dunas, en las cuales la vida se limita a los lugares en las que el agua subterránea aflora a la superficie (oasis) o a las áreas montañosas perpetuamente sumergidas en la niebla.

Más extensas que los propios desiertos son las zonas de matorral semidesértico, sabana y bosques secos que las rodean. Estas áreas áridas,

semiáridas o subhúmedas (genéricamente conocidas como "áreas secas") suelen conocer una corta estación de lluvias, durante y después de la cual los ecosistemas locales trabajan furiosamente, en un período que va de algunas semanas a algunos meses, la productividad biológica es elevada, las plantas aprovechan la humedad recién llegada para crecer rápidamente y las poblaciones animales comen en abundancia.
<http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/NotTecnicas02/desertizacion/Definiciones.htm>

Poco después del fin de las lluvias desaparece el verdor y la actividad, la tierra se vuelve reseca y polvorienta, los incendios son frecuentes y los animales tienen que adoptar elaboradas estrategias para sobrevivir, el sistema espera el próximo turno anual de precipitación con una actividad disminuida pero capaz de volver a una furiosa vida cuando el agua reaparezca en el suelo.

Estos ecosistemas secos son, pese a su fragilidad, relativamente seguros y estables y, por lo general, capaces de superar incluso la falta total de una estación de lluvia: toda su estructura se adapta a la escasez y a la concentración estacional de las lluvias.

La zona árida se caracteriza por tener una precipitación anual de menos 400 mm, y una época de secas de 8 a 12 meses, y la semiárida por tener una precipitación anual entre 400 a 700 mm con 6 a 8 meses secos.

Los principales tipos de vegetación que caracterizan a este tipo de hábitat son el matorral xerófilo, el pastizal y la vegetación halófila. Después de la zona templada subhúmeda, es la que posee el mayor número de especies endémicas, en especial de grupos como las cactáceas, compuestas y pastos, al igual que de algunos grupos de vertebrados como anfibios y reptiles.

El principal impacto en este tipo de hábitat es a causa de la ganadería y la agricultura, así como por la extracción de numerosas plantas del desierto.

Es la zona con mayor extensión en la República Mexicana, ya que abarca casi la mitad del territorio.

http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=23287_208&ID2=DO_TOPIC

Bienes y servicios de las zonas áridas

Forraje y ganado

Más que cualquier otro uso actual, las poblaciones dependen de las zonas áridas para proveerse de forraje para la producción de ganado doméstico. Algunas de los lugares con más alta densidad de ganado doméstico en el mundo son las zonas áridas de Asia, África, el Medio Oriente y Sudamérica. Las zonas áridas soportan una gran variedad de animales domésticos, desde ganado vacuno, caprino, ovino hasta caballos y camellos, los cuales son fuente de carne, leche, lana y productos derivados del cuero. Por ejemplo, en el oeste de África – hogar para 20 por ciento de todo el ganado vacuno y 30 por ciento del ganado caprino y ovino en el sub-Sahara - más de la mitad de las 175 millones cabezas de ganado son criadas en regiones áridas y semiáridas y en áreas de cultivos mixtos. Las zonas áridas albergan también grandes números de herbívoros silvestres que dependen del ecosistema durante todo el año y lo comparten con rebaños de animales domésticos.

Agua dulce

Las fuentes de agua dulce en las zonas áridas, a menudo limitadas y variables en disponibilidad, son importantes recursos para el consumo humano, irrigar cultivos y soportar la flora y fauna en los humedales. Todos los continentes tienen cuencas en zonas áridas que van desde pequeñas (52 mil Km²) hasta extensas (3 millones Km²), aquellas que albergan bajas densidades poblacionales (1 persona/Km²) hasta las altamente pobladas (casi 400 personas/km²). Aunque el número de humedales en estas cuencas en zonas áridas es generalmente bajo, muchas contienen importantes humedales de reconocimiento internacional.

Biodiversidad

Las zonas áridas proveen el hábitat para especies exclusivamente adaptadas a ambientes variables y extremos. Las especies en estos ambientes van desde microorganismos hasta hormigas, saltamontes, serpientes y grandes carnívoros como leopardos. Algunas áreas han sido identificadas como especialmente importantes para la supervivencia de esta flora y fauna especialmente adaptada. Por ejemplo, la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza – UICN- y la World Wildlife Fund (WWF) han identificado 234 Centros de Diversidad de Plantas en el mundo y de estas, 39 están localizadas en zonas áridas. Estas son áreas con altos niveles de diversidad de plantas,

donde las prácticas de conservación podrían salvaguardar una gran variedad de especies. Adicionalmente World Wildlife Fund–US ha identificado 232 ecorregiones consideradas como –ejemplos notables de la diversidad de ecosistemas del mundo y objetivos prioritarios para acciones de conservación-. De las 138 ecorregiones terrestres dentro de este programa “Global 200” 31 pueden ser caracterizados como ecorregiones de zonas áridas, albergando algunas de las más importantes muestras de biodiversidad de estas zonas en el mundo.

Energía

Adicionalmente, las zonas áridas proveen recursos energéticos para poblaciones locales así como para mercados mundiales. Estas fuentes incluyen leña y una gran variedad de minerales combustibles. En algunos casos, las fuentes de energía dan a las poblaciones locales combustibles para cocinar y calentar diariamente. De hecho, en África, los grupos familiares usan mas leña que la industria y sectores comerciales.

Suelos

La propiedad fundamental de los suelos de las zonas áridas (Aridisoles) es su régimen de humedad arídico (carencia de agua la mayor parte del año para el desarrollo de las plantas mesofíticas), ligado a la presencia de uno o varios horizontes diagnósticos (ej. Cálcicos, gípsicos, sálicos, duripanes, argílicos, etc.), y/o a conductividades en el extracto de saturación indicativas de la acumulación de sales en grado variables. Por definición, los suelos de este orden carecen de agua disponible (retenida a tensiones de 15/atm) durante la mayor parte del tiempo en que la temperatura del suelo permanece por encima de 5°C; o su disponibilidad de agua útil en forma continua jamás excede de 90 días consecutivos cuando la temperatura permanece por encima de los 8°C. En razón de su escasa o nula vegetación, sus horizontes superficiales se caracterizan por su bajo contenido de materia orgánica.

Por la escasa disponibilidad de agua en el perfil, las reacciones de meteorización química son poco intensas en estos suelos, su nivel de bases suele ser muy elevado y muchas de sus características químicas y mineralógicas guardan una estrecha relación con la composición del material parental. El escaso movimiento de agua a través del perfil, ligado al alto volumen de la evapotranspiración potencial, son responsables de la común

ocurrencia en estos suelos de la acumulación y cristalización de sales en diversas capas del perfil. Aunque su fertilidad natural suele ser alta, la principal restricción para su uso es su baja disponibilidad de agua y en algunos casos su carácter salino, sódico, o salino-sódico.

A nivel continental (americano) los Aridisoles son típicos en las zonas desérticas de EE.UU., Chile, Perú y Colombia y en algunas áreas costeras de los países del Caribe (Mejía C.L. 1985).

ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO

Color

El color del suelo es un factor cuyas características son evidentes. El color puede decirnos acerca de cómo se ha formado un suelo y de los materiales que lo componen. Los distintos horizontes del suelo se distinguen generalmente por su diferente coloración. Estas van aumentando en intensidad, desde el blanco hasta el negro, pasando por el pardo, a medida que aumenta su porcentaje de humus. Esta abundancia va a depender de la abundancia de vegetación y de la intensidad de la actividad microbiana, factores que a su vez, dependen del clima.

Así en las latitudes medias, encontramos que el color de los suelos va desde el negro o pardo oscuro para las regiones húmedas y frías; hasta pardo claro o gris en las estepas semiáridas y en los desiertos. Los suelos de los desiertos tienen poco o nada de humus.

Los suelos rojizos y amarillos, son colores que resultan de la presencia de pequeñas cantidades de compuestos de hierro; el rojo está asociado con el sesquióxido de hierro (Fe_2O_3) e indica que el agua se filtra fácilmente a través del suelo, aunque localmente el color puede ser debido a la presencia de rocas tales como areniscas o pizarras rojas; mientras que el amarillo puede indicar la presencia del mismo compuesto de hierro combinado con agua (óxido hidratado de hierro). Los colores grisáceos y azulados de los suelos (climas húmedos), indican la presencia de compuestos de hierro reducidos y denotan que la filtración es escasa o la existencia de pantanos. Los suelos grisáceos (climas secos), indican que el humus es escaso; el color blanco puede ser

consecuencia de sales depositadas en el suelo como CO_3 y/o HCO_3^{-1} (Harry O. Buckman y Nyle C. Brady, 1977).

<http://www.santacruz.gov.ar/recursos/erosion/suelos.htm>

Textura del suelo

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas minerales. Específicamente se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. Esta propiedad ayuda a determinar no solo la facilidad de abastecimiento de nutrientes, sino también agua y aire, tan importantes para la vida de las plantas.

Por esta razón, la proporción de los tamaños de los varios grupos de las partículas de un suelo (textura) adquiere tanta importancia. No puede alterarse y, de esta forma, se la considera propiedad fundamental del suelo que determina, en alto grado, su valor económico.

Para estudiar las partículas minerales de un suelo, los científicos las clasifican, por lo regular, en grupos convenientes, según su tamaño. Estos diferentes grupos se llaman fracciones. El procedimiento analítico mediante el que se separan se conoce como análisis mecánico o granulométrico, que es, en realidad, una determinación de la distribución de los tamaños de las partículas.

El análisis mecánico no sólo sirve para describir, en líneas generales, las propiedades físicas del suelo, sino también para determinar el nombre de su textura; esto es, si el suelo es arenoso, limoso, arcilloso limoso u otros.

Estos nombres de clases se han originado a lo largo de los años de estudio y clasificación y han sido más o menos generalizados gradualmente. Se consideran tres grandes grupos, fundamentales y generales de textura: arenas, suelos francos y arcillas. Estos grupos se han dividido a su vez en otras subclases.

➤ Arenas

El grupo de las arenas incluye todos los suelos de los cuales las separatas de arena dan un 70% o más de todo el material en peso. Las propiedades de tales suelos son, desde luego, característicamente arenosas, en contraste con la

naturaleza más tenaz y arcillosa de los grupos de suelos más pesados. Se reconocen dos clases específicas: arena y arena margosa.

➤ **Arcillas**

Para que un suelo sea designado como una arcilla debe llevar, como mínimo, un 35% de fracción arcillosa, y en la mayor parte de los casos no menos del 40%. A medida que el porcentaje de arcilla es el 40% o más, las características de esta separata son dominantes distintamente y la clase se llama arcilla arenosa, arcilla limosa o, lo que es más corriente, simplemente, arcilla. Conviene observar que las arcillas arenosas contienen casi siempre más arena que arcilla. Por lo mismo, el contenido de limo de las arcillas limosas corrientemente es mayor que el propio de la fracción arcillosa.

➤ **Suelos francos**

El grupo suelo franco o de consistencia media que contiene muchas subdivisiones, es más difícil de estudiar. Un suelo franco ideal puede ser definido como una mezcla de partículas de arena, limo calcáreo y arcilla que exhiben propiedades ligeras y pesadas casi en igual proporciones. A grosso modo, es una mezcla en iguales proporciones de las propiedades fundamentales.

Por lo común, los suelos francos poseen las cualidades apetecibles tanto de la arena como de la arcilla, sin las indeseables, como la extremada falta de trabazón y baja capacidad de retención para el agua de la primera, y sin la tenacidad, compacidad y lento movimiento del aire y del agua de la arcilla.

Muchos suelos de importancia agrícola son tipos francos. Pueden poseer el ideal de estructura descrito antes y ser clasificados simplemente como suelos francos (Harry ,O. Buckman y Nyle ,C. Brady. 1977).

Carbonatos en el suelo

En la formación de los carbonatos influyen los cinco clásicos factores formadores que condicionan los suelos.

Material original

En condiciones normales, el material original tiene una influencia indudable en el contenido de carbonatos del suelo.

En la mayoría de los casos la roca madre constituye la fuente inicial de carbonatos bien porque ya estaban presentes en ella o porque, aunque originalmente no lo estaban, los carbonatos se han formado en el suelo, por alteración de los minerales primitivos ricos en calcio (plagioclasas, piroxenos y anfíboles, principalmente).

Sin embargo, no son excepcionales los suelos con horizontes cálcicos formados a partir de materiales sin carbonatos ni minerales que podrían generarlos. El origen de los carbonatos, en estos casos, se explica por aportes eólicos o hídricos. <http://edafologia.ugr.es/carbonat/facform.htm>

Relieve

En principio, los horizontes cálcicos podrían encontrarse en cualquier tipo de relieve, pero debido a sus específicas condiciones de formación, tienden a acumularse en ciertas posiciones fisiográficas.

La circulación hipodérmica de las regiones calizas hace que los carbonatos migren de las zonas más altas de las colinas y se concentren en las partes más bajas de las pendientes.

Vegetación

La vegetación juega un importante papel en la formación de estos horizontes ya que las raíces de las plantas absorben agua y producen la concentración y consiguiente precipitación de las sales.

Además, la vegetación es capaz de formar cristales de carbonatos que provisionalmente se acumulan en sus tejidos y, después al morir, los carbonatos sintetizados se incorporan al suelo.

La síntesis de carbonatos ha sido observada también como el resultado de la acción metabólica de ciertas bacterias. Existen numerosos autores que han destacado la acción de los organismos en la formación y transformación de los horizontes cálcicos. <http://edafologia.ugr.es/carbonat/facform.htm>

Clima

El clima constituye un factor esencial en la translocación de carbonatos en el suelo.

Así en clima húmedo, el proceso representativo es el lavado de carbonatos y es inusual que se presente su acumulación, mientras que en climas árido o semiárido la precipitación es generalmente insuficiente para eliminar los carbonatos del perfil.

Sin embargo, dado que están involucrados en este proceso una serie de parámetros edáficos (tales como la permeabilidad de los horizontes) en ciertas ocasiones el papel del clima puede no resultar evidente.

Por otra parte, debemos tener en cuenta, la posibilidad que el horizonte cálcico que observamos en un suelo se formase en el pasado, bajo condiciones climáticas muy diferentes de las actuales.

En cualquier caso los carbonatos juegan un papel muy importante en las regiones áridas hasta el extremo que el proceso de carbonatación puede ser considerado el más representativo de estas regiones.

Además de la cantidad total de precipitación, su distribución a lo largo del año afecta, decisivamente, al comportamiento de los carbonatos. Así, el clima mediterráneo en el que las lluvias se concentran en los meses más fríos (máxima disolución, mínimas pérdidas por evapotranspiración) y con veranos cálidos y secos (intensa desecación y por tanto poca precipitación) provee las condiciones ideales para la formación de los horizontes cálcicos.

Edad

Está universalmente aceptado que el proceso de formación de carbonatos es rápido, pero su evaluación cuantitativa es muy difícil ya que intervienen numerosos factores climáticos (cantidad y distribución de precipitación, evapotranspiración, temperatura, etc.) y edáficos (disponibilidad de calcio, permeabilidad, solución del suelo, etc.) están involucrados en su desarrollo.

Las referencias bibliográficas señalan un rango de acumulación que varía entre 0.025 y 10mm/año.

<http://edafologia.ugr.es/carbonat/facform.htm>

Materia Orgánica

La materia orgánica ejerce gran influencia sobre las propiedades físicas del suelo tales como: la estructura, la penetración y retención del agua y la composición. Durante los procesos de descomposición de la materia orgánica, se supone que sustancias como los compuestos uránicos, junto con las gomas y resinas, son los agentes que unen las partículas del suelo para formar agregados.

La materia orgánica junto con la arcilla, tienen muchas propiedades coloidales valiosas para el suelo. La materia orgánica tiene alta capacidad de intercambio y participa en las reacciones de intercambio tanto de aniones como de cationes, es un regulador coloidal que aglutina los suelos arenosos para formar agregados y afloja los suelos arcillosos macizos, para que ellos formen también agregados convenientes.

Hace mucho tiempo se sabe que la materia orgánica sirve como agente granulador en los suelos. Baver (1935) observó una correlación de 0.559 (con 0.20 como valor significativo) entre el porcentaje de agregados mayores de 0.05 mm y el contenido de carbono de gran número de suelos diferentes. La correlación para los agregados mayores de 0.1mm fue de 0.687, lo cual indica que la materia orgánica conduce a la formación de agregados estables relativamente grandes. Si se forman grupos de suelos conforme al contenido de arcilla, el efecto de la materia orgánica es más notable en los suelos que contienen pequeñas cantidades de arcilla. Existe una muy alta correlación entre la materia orgánica y la agregación en suelos que contienen menos de 25% de arcilla. Para contenidos de arcilla mayores de 35%, la correlación es significativa, pero sin ser tan alta. El grado en que las partículas más finas están agregadas guarda notable correlación con el porcentaje de carbono orgánico del suelo (Buckman y Brady, 1985).

La arcilla y los coloidales orgánicos causan la mayor parte de la agregación del suelo. Esto sugiere la posibilidad de la existencia de interacciones entre el material coloidal mineral y el orgánico para formar complejos arcilloso-orgánicos. Greenland (1965) ha recopilado los resultados de diversos investigadores, quienes demostraron que desde 51.6 hasta 97.8% del carbono total del suelo se hallaba en la forma de estos complejos.

Es importante notar que aun en los suelos desérticos, pobres en agregados, la cantidad de éstos está correlacionada con las pequeñas cantidades de materia orgánica. El grupo de suelos en donde no se ha observado correlación alguna entre la materia orgánica y la agregación son los oxisoles, en donde los óxidos deshidratados de aluminio y hierro son los que dan origen a la formación de agregados estables.

Estos efectos beneficiosos sobre la agregación del suelo son el resultado de la actividad conjunta de los microorganismos, de la fauna y de la vegetación.

La materia orgánica es uno de los factores de formación del suelo en donde interviene muy directamente el hombre, a través de la incorporación de abonos orgánicos, abonos verdes e incorporación de los residuos de las cosechas.

Esto acelera los procesos de meteorización, unificación y desintegración (Buckman y Brady, 1985).

Estructura

El término estructura del suelo se ha usado para referirse a una gran diversidad de ideas, que, algunas veces, se definen con vaguedad. Desde el punto de vista morfológico, el término estructura del suelo se ha definido como la disposición de las partículas elementales (arena, limo y arcilla) que forman partículas compuestas, separadas de las contiguas, y que tienen propiedades diferentes de las de una masa igual de partículas elementales sin agregación (United States Department of Agriculture, 1957).

Esa definición no es suficiente específica para describir el significado de estructura, desde el punto de vista del crecimiento de las plantas; por lo tanto, la *capacidad estructural del suelo* se define como su capacidad para formar terrones espontáneamente y de que estos terrones se dividan en pedazos pequeños, granos o agregados, sin la intervención del hombre. Aunque hay muchas clases de agregados diferentes reconocidos en la morfología del suelo, el granular es el más importante en la producción de cultivos; esta estructura granular es la que se considera como la más conveniente.

Otra propiedad importante de la estructura del suelo, desde el punto de vista agrícola, es la capacidad que tienen los granos de retener su forma cuando se humedecen y de permitir el paso del agua a través del suelo. A esta propiedad se le llama *estabilidad estructural*. Los granos de suelo deben tener suficiente estabilidad para que permitan el libre paso del agua y la entrada de aire conforme el agua sale.

Un suelo bueno, estructuralmente, se desmorona con facilidad, no se dificulta ararlo, está seco y no se vuelve pegajoso cuando se moja.

La estructura del suelo afecta el crecimiento de las plantas, debido a su influencia en el aire y agua del suelo; asimismo, perturba el movimiento mecánico de raíces y brotes, y las relaciones de temperatura en el suelo.

Aire del suelo

Cuando la concentración de CO₂ se torna muy alta y la de oxígeno muy baja, el crecimiento de las plantas se retarda. La velocidad de difusión de los gases en el suelo está en relación directa con la porosidad llena de aire. La difusión de gases a través del suelo y el cambio con la atmósfera son muy pequeños cuando la porosidad llena de aire es menor del 10%; presumiblemente porque los poros no son continuos. En tales condiciones, aun las plantas más tolerantes de las tierras altas siempre sufren por la aeración restringida del suelo.

El tamaño de los poros y las condiciones de drenaje determinan la porosidad llena de aire, lo mismo que el encogimiento y el hinchamiento. Si el suelo contiene una cantidad apreciable de agregados, relativamente estable, de tamaño moderado, 1 a 5 mm de diámetro, por lo general tendrá suficientes poros grandes para una aeración adecuada, cuando las condiciones de drenaje son buenas. En suelos con mal drenaje, aun los poros más grandes estarán llenos de agua y el suelo tendrá aeración inadecuada (Castro F. R. y Sampat A. Gavande, 1976).

pH del suelo

El pH controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas. Según el pH del suelo la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos puede favorecerse, así por ejemplo, en los suelos de pH ácido se tratará de subir el pH por la adición de cal u otra enmienda alcalinizante para mejorar disponibilidad de los elementos nutritivos que se fijan a un pH ácido como ocurre por ejemplo con el fósforo. El pH del suelo representa aspectos del clima, vegetación e hidrología del lugar donde el suelo se ha formado. El pH de un horizonte del suelo es afectado por el material parental, la naturaleza química de la lluvia, las prácticas de manejo del suelo y las actividades de los organismos (plantas, animales y microorganismos) que habitan en el suelo. Por

ejemplo, las acículas de pino son altamente ácidas, y éstas pueden bajar el pH de algunos suelos húmedos.

Los suelos generalmente presentan valores de pH entre 4 y 10 (United States Department of Agriculture, 1996).

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente:

Naturaleza del material original, es decir, que la roca sea de reacción ácida o básica.

- Factor biótico. Los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza ácida.
- Precipitaciones. Tienden a acidificar al suelo y desaturarlo al intercambiar los H^+ del agua de lluvia por los Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ ... de los cambiadores.
- Complejo adsorbente. Según que esta saturado con cationes de reacción básica (Ca^{++} , Mg^{++} ...) o de reacción ácida (H^+ o Al^{+++}). También dependiendo de la naturaleza del cambiador variará la facilidad de liberar los iones adsorbidos.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema05/ph.htm>

Densidad real y Densidad aparente

En el estudio de los suelos se distinguen dos tipos de densidad: la densidad real (o de partícula) que corresponde a la densidad de la fase sólida del suelo y la densidad aparente que incluye el volumen de partículas y el volumen vacío de los poros.

La densidad aparente permite evaluar el efecto del manejo que se da al suelo, además este valor es necesario para referir los datos de los análisis de laboratorio a un volumen de suelo en condiciones de campo (ejemplo: determinación de la cantidad de materia orgánica, nitrógeno total, etc.), para el cálculo de la lámina de agua hasta una profundidad dada, y para calcular la porosidad total.

- Densidad real o de partícula (D_p)

En general para la mayoría de los suelos agrícolas, se pueden considerar valores de densidad de partícula de alrededor de 2,65 gr/cc. La materia orgánica presenta valores cercanos a 0,20 gr/cc.

➤ **Densidad aparente (Dap)**

Se refiere a la relación entre el peso seco de una muestra de suelo y el volumen que ocupó dicha muestra a campo, con su ordenamiento natural. Por lo tanto la dap variará en función de la textura, del estado de agregación, del contenido de materia orgánica, del manejo que recibió el suelo, del contenido de humedad (sobre todo en suelos con materiales expandibles).

<http://www.agriculturadeprecision.org/mansit/Comportamiento%20Fisico-Funcional%20de%20Suelos.htm>

Nitrógeno total en suelos y plantas

El nitrógeno total en suelos varía de 0.01 por ciento a varias unidades por ciento. Sin embargo, la gama habitual en suelos que no sean turbosos ni abonados con estiércol, va de 0.05 a 0.30 por ciento de nitrógeno. En las plantas, los valores irán comúnmente de 0.2 a 4.0 por ciento, dependiendo de las especies, la parte de la planta y su edad (Homer D. Chapman Parker F. Pratt, 1981).

Clases de paja, composición y contenido en principios nutritivos

Un requisito indispensable para fertilizar con paja, es que sea conocida la procedencia (clase), cantidad y calidad de la paja en cuestión. Tanto los problemas de la degradación de los componentes orgánicos, como el efecto de los compuestos nutritivos de la paja que se usa, dependen de la composición del abonado de la paja.

Como era de esperar, el contenido de fósforo, magnesio y sodio en la paja de gramíneas es insignificante. Por lo tanto, las cantidades de estos elementos que se devuelven al suelo con la paja son despreciables. La avena aún tiene mayor influencia sobre el potasio.

En cuanto al contenido en nitrógeno los valores medios de las diferentes clases de paja son muy parecidos.

En realidad las plantas, aportan componentes orgánicos al suelo. este es el caso de los hidratos de carbono formados a través de la fotosíntesis y modificados varias veces durante el ciclo natural de los elementos de la planta; en la planta es la celulosa y la lignina.

La descomposición de la paja en el suelo

De la descomposición de la paja depende su aprovechamiento en el transcurso de los cultivos. La paja ha de estar desintegrada de una a otra cosecha, para evitar la acumulación de restos de paja, medio descompuestos (E. Von Boguslawski J. Debruck 1983)

(la paja y la fertilidad de los suelos)

INTERVENCIÓN DEL HOMBRE EN EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL SUELO.

Clasificación de Suelos

Stuart Mill (1891, citado por el S.S. Staff, 1975) al discutir las bases lógicas y principios fundamentales de la clasificación, considera como una inclinación instintiva inherente al ser humano, el impulso que lo lleva a clasificar los entes naturales que lo rodean.

Independientemente de la naturaleza de los entes clasificados, Mill postula que esta inclinación natural del hombre hacia la clasificación sólo se satisface plenamente cuando logra: “el agrupamiento de las cosas que intenta clasificar en grupos tales, y de estos grupos en un ordenamiento tal, que le permitan a él y a la mente humana en general, recordar las cosas con mayor facilidad y extraer las leyes que impliquen sus mutuas relaciones y diferencias”.

Buol *et al* (1973), sintetiza e implementa los conceptos planteados por Mill (1891; 1925) en torno al acto formal de clasificar los fenómenos naturales, en una serie de objetivos básicos que responden a la necesidad de:

1. Organizar los conocimientos de dichos fenómenos, con la consiguiente simplificación del raciocinio.
2. Extraer y entender las relaciones que ligen entre si a los individuos y a las clases o agrupaciones formadas con ellos dentro de la población que clasificamos.
3. Recordar la clasificación de los objetos clasificados.

4. Aprender nuevas relaciones y principios que surgen del ordenamiento de la población que clasificamos.

5. Establecer grupos o subdivisiones (clases) de los objetos bajo estudio que sean de utilidad practica.

Estos cinco objetivos se aplican por igual al acto general de clasificar y encierran por lo tanto, la finalidad de cualquier tipo de clasificación para cualquier propósito. La clasificación taxonómica sin embargo, tiene un significado más restringido que el del término clasificación, termino genérico que incluye tanto la clasificación TAXONOMICA o científica, como cualquier tipo de clasificación TECNICA hecha con fines prácticos o utilitarios específicos (Mejía, C. L., 1985).

Las numerosas especies de suelos se clasifican en grupos con arreglo a sus propiedades, a sus factores de formación, a su comportamiento y su productividad un el uso y a otras bases de clasificación (Storie, R. E., 1970).

La nomenclatura y clasificación de los suelos abarca dos partes. Una de ellas se refiere a la nomenclatura y clasificación de los horizontes y la otra a la nomenclatura y clasificación del suelo en conjunto. En la actualidad, no existe un acuerdo internacional acerca de la nomenclatura y clasificación de los suelos. Esa falta de acuerdo puede atribuirse a la complejidad misma de los suelos, a que existe un desconocimiento considerable de muchos de ellos y que a menudo no están claros los objetivos de la clasificación (E A FitzPatrick, 1980).

Tipos de clasificaciones

Principales sistemas desarrollados de la URSS.

Sistemas desarrollados de los E.U.A.

Taxonomía de suelos (USDA 1975).

Sistema de kubiëna 1953.

Sistema de Avery 1973.

Sistema Francés.

Sistema Canadiense.

Sistema Sudafricano.

Sistema de Del villar 1937.
Sistema de Leeper 1956.
Sistema de Northcote.
Sistema de Fitz Patrick 1971.

Algunos otros sistemas anteriores de clasificación de suelos.

Se han probado otros varios sistemas basados en cierta diversidad de características. A continuación se presenta una lista en orden cronológico en la que se muestra la base de cada sistema y los autores del mismo:

Forma de intemperización-Von Richtofen (1886).
Clima e intemperización-Ramann (1911).
Clima-hilgard (1906).
Madurez del perfil e intensidad de la lixiviación-Glinka (1914).
Clima-Lang (1915).
Clima-Meyer (1926).
Factores de formación-Vilensky (1927).
Clima y material materno-Neustruev (1926).
Carácter del complejo de absorción-Gedroiz (1929).
Clima y material materno-Stebutt (1930).
Química de suelos-De´ Sigmond (1933).
Medio ambiente y proceso-Zakharov (1931) y
Métodos numéricos para la clasificación de suelos.
Sistema FAO.

Taxonomía de suelos (USDA 1975).

La taxonomía americana es un sistema multicategorico jerárquicamente estructurado en 6 niveles, siendo el nivel mas alto los órdenes y sus niveles en forma descendente los subórdenes , grandes grupos, subgrupos familias y series. Dentro de la población total de suelos a nivel mundial consta de 11 órdenes y de mas de 10,500 series.

El nombre de cada uno de los 11 órdenes son los siguientes: ENTISOLES, INCEPTISOLES, VERTISOLES, ARIDISOLES, ESPODOSOLES; MOLISOLES, ALFISOLES, ULTISOLES, OXISOLES, HISTOSOLES y ANDOSOLES. Estos órdenes conforman el sistema puede reconocerse

fácilmente por cuanto todos terminan en la silaba SOL (del Latín solum: suelo). Por otra parte, el nombre de cada uno de los órdenes consta solamente de 2 elementos formativos o sílabas (Mejía, C. L., 1985).

MATERIALES Y METODOS

Localización del Área de Estudio

La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, se localiza al norte del país en el estado de Coahuila en el municipio de Saltillo, en lo que antes fue la hacienda Buenavista específicamente, entre los paralelos 25° 16' 43" y 25° 21' 28", latitud norte y los meridianos 100° 59' 39" y 101° 03' 25" longitud oeste. A una altitud media de 1760 msnm (CETENAL, 1974) Fig. 3.1

Tiene una extensión de 3120-76-20 has (según plano elaborado con datos del ingeniero Raúl Cárdenas Cardona) y tiene como límites administrativos: al Norte; la Sierra de San Juan, El Alamo y Granja el Refugio; al Este la Sierra Zapalinamé; al Sur Ejido el Recreo y al Oeste el Ejido la Angostura.

Caracterización del Área en Estudio

Al sur de la UAAAN, se extienden rocas sedimentarias marinas procedentes del Cretácico Inferior, las cuales fueron sometidas a esfuerzos corticales de tensión y comprensión generando levantamientos serranos abruptos, compuesto de rocas calizas predominantemente, con algunos estratos locales de Lutita-Arenisca, que contribuye el apéndice de la Sierra de Zapalinamé, la cual ocupa mas del 50% de los terrenos de la Universidad, con una orientación de Este a Oeste (CETENAL. 1974).

En la parte central de la Universidad se localizan aluviones de arenisca conglomerado del Cuaternario procedente de la Sierra antes mencionada. En la zona conocida como el Bajío de la Universidad (principal área de trabajo) se encuentran aluviones del cuaternario. Por último en la parte norte que comprende la Loma Cuchilla Calabacillas se localizan pequeñas cabalgaduras, cuya litología corresponde es: Lutita arenisca con algunos estratos muy locales de Lutita y cimentaciones de carbonato de calcio.

En la Universidad los suelos son relativamente homogéneos, debido a la escasa variación de la Litología de la localidad, no obstante los climas en que se encuentran y lo accidentado de la topografía en la mayor parte de la Universidad.

En la parte de zonas desnudas (áreas de trabajo) se intercalan áreas de litosol asociado con un material suelto poco desarrollado de color claro debido al alto contenido de carbonato de calcio, denominado Regosol Calcárico.

En la zona de las cárcavas (situadas entre las vías de ferrocarril) la constitución litológica es predominantemente de areniscas, se indican la presencia de Litosol (1) asociado con Regosol calcarico de textura media, así como de pequeñas áreas de Xerosol Háplico asociado con Litosol, estos últimos sobre fase Petrocálcica.

En cuanto a la precipitación pluvial que se distribuye en la zona se debe principalmente al transporte hídrico de los vientos Alisios, que circulan con una orientación de NE a SW. Y es predominantemente de tipo orográfico, este fenómeno es provocado por la barrera que constituye la Sierra Madre Oriental que se ubica en la parte Este de la Universidad, entre los estados de Coahuila y Nuevo León, principal dirección de donde proceden los vientos Alisios.

En la parte menos abrupta de la Universidad, es notorio el déficit hídrico del suelo en la mayor parte del año, cuenta con un régimen pluviométrico de seis meses secos que son de noviembre a abril y seis meses lluviosos que son de mayo a octubre.

En el climograma de Gausson se aprecian cuatro y medio meses lluviosos, que abarca desde junio hasta mediados de octubre. La temperatura media anual es de 17.1°C, con oscilaciones térmicas medias mensuales de 11.6°C a 21.7°C. Por último, la evaporación media anual es del orden de 1956 mm. Siendo siempre mayor que la precipitación media anual.

En cuanto a la vegetación dominante los matorrales desérticos micrófilo y rosetófilo son los tipos de vegetación dominante. El Rosetófilo se distribuye en toda la zona, a excepción de las áreas afectadas, ya sea por un cultivo o por la reforestación de suelos. También existen pastizales de dos tipos natural e inducido; del primero, sus componentes principales son pastos de los géneros *Bouteloua* y *Sporobolus*, en tanto que el inducido, los géneros son *Bouteloua* y *Aristida* principalmente.

Uso del suelo. Jerarquizando la extensión que ocupa la Universidad existen: al sur y centro de la zona uso forestal; en el centro y norte del área uso pecuario y en la superficie conocida como la Nogalera y el Bajío se encuentra uso agrícola, dividiéndose en área de riego permanente, semi-permanente y agricultura de temporal anual (CETENAL. 1977).

Cuenta con todos los servicios urbanos, de transporte y de comunicación.

La región en estudio está situada al oriente de la gran zona climática denominada desierto Chihuahuense (SPP, 1983) formando parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental.

El área de estudio cuenta con un clima seco con verano cálido y un régimen de lluvia intermedio entre verano e invierno con oscilaciones extremas; por lo que recibe la clasificación $BS_0 K (X')$ (e) según la clasificación de Koopen modificado por García (1975).

El área cuenta con una precipitación pluvial de 360 mm anuales. Y se ha observado una temperatura promedio de 19.05° C.

Ubicación del área de estudio

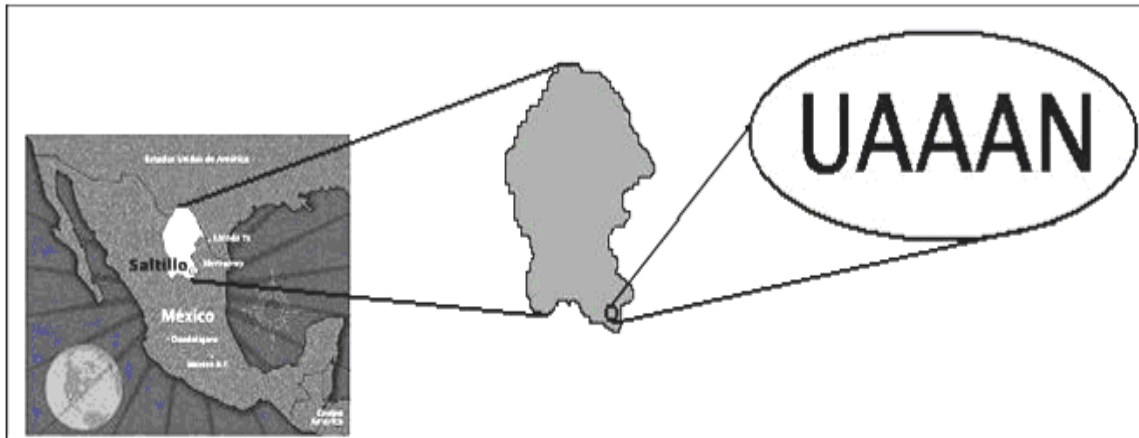


Figura 5.1 Localización del Área

Descripción del trabajo

El presente trabajo fue realizado en el campo y en laboratorio. Se obtuvo una muestra de suelo en forma de zigzag. Por las características del terreno fue necesario separar 2 suelos un poco contrastantes en cuanto a su color.

Así, se obtuvieron dos muestras compuestas del área en estudio.

Los datos obtenidos en el laboratorio se compararon con datos de años anteriores (1985-2006), para observar las variaciones en los valores de algunos parámetros físicos y químicos.

Las muestras obtenidas fueron secadas al aire libre durante 24/hrs, para posteriormente cribarlas y analizarlas, para cumplir con los objetivos del trabajo. Se realizaron 3 calicatas para la clasificación de los suelos.

Estas calicatas se realizaron de norte a sur y con dimensiones de 1m de ancho por 1.5 m de largo fig,5.2, la profundidad se realizó mas o menos a los 60cm debido a lo superficial del terreno.

Figura 5.2 Calicata para la caracterización del suelo y su clasificación.

Para caracterizar y poder clasificar al suelo se determinaron en el campo las características siguientes:

Se realizaron determinaciones físicas en la tabla 5.1; químicas tabla 5.2; morfológicas tabla 5.3; topográficas tabla 5.4; pedológicas y fisiográficas tabla 5.5; para realizar su clasificación correspondiente.

Tabla 5.1 Determinaciones físicas en campo

Físicas	Método
Textura	Tacto
Estructura	Vista
Consistencia	Tacto
Color	Tablas Munsell

Tabla 5.2 Determinaciones químicas en campo

Químicas	Método
M.O	Reacción al H_2O_2
pH	Reacción al H_2SO_4 al 1:N

Tabla 5.3 Determinaciones morfológicas en campo

Morfológicas	Método
Profundidad	Cinta
Limite de horizonte	Vista
Relieve del horizonte	Vista
Crotovinas	Vista
Espesor de horizonte	Cinta
Pedregosidad	Vista
Prof. Efectiva	Cinta

Tabla 5.4. Determinaciones topográficas en campo

Topográficas	Método
% Pendiente	GPS modelo Garmín 12
Relieve	GPS modelo Garmín 12 y Vista
Coordenadas	GPS modelo Garmín 12
Altura	GPS modelo Garmín 12

Tabla 5.5 Determinaciones Paidológicas y Fisiográficas del Sitio

Paisaje	Subpaisaje
Regímenes de humedad	Regimenes de temperatura
Material parental	Drenaje superficial
Pedregosidad superficial	Erosión
Vegetación	Fauna
Formaciones especiales	Porosidad
Posición fisiográfica	

Después de caracterizar el suelo se llevaron las muestras de las calicatas al laboratorio para su análisis correspondiente, tabla 5.6.

Tabla 5.6 Determinaciones Físicas con sus respectivos métodos.

Determinaciones Físicas	Método
Densidad aparente del suelo	Probeta
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos

Tabla 3.7 Determinaciones Químicas con sus respectivos métodos.

Determinaciones Químicas	Método
Materia Orgánica	Walkley y Black
pH	Potenciómetro
Carbonatos totales	Volumétrico
Conductividad Eléctrica	Conductiviméetro
Sulfatos	Gravimétrico

Los materiales utilizados en el campo fueron los siguientes:

- Pala
- Pico
- Criba
- Cubeta
- Etiquetas
- Bolsas de plástico
- GPS modelo Garmín 12
- Tablas Munsell
- Cinta métrica
- Acido clorhídrico
- Agua oxigenada
- Espátula
- Hoja de campo

- Lupa
- Peseta

Los análisis físicos y químicos fueron realizados en los laboratorios de pedología, servicios generales y fertilidad del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria “Antonia Narro”.

Después de obtener los resultados, para clasificar el suelo se utilizó el Taxonomy Soil del U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service December, 1975.

El análisis de resultados fue realizado mediante una correlación simple

RESULTADOS

Caracterización del suelo

De acuerdo a las cartas geológicas elaboradas por el CETENAL actualmente Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), describe que en los suelos de la zona se encuentran:

Rocas sedimentarias, de los que predominan las rocas calizas.

De acuerdo a las cartas edafológicas elaboradas por el CETENAL los suelos del área de estudio se clasifican taxonomicamente de la manera siguiente:

Suelos con Rendzina asociada con Feozem calcárico de textura media sobre fase petrocalcica. Es por esto que recibe la clave cartográfica de E+Hc/2Pc.

Dentro del área se intercalan pequeñas áreas de litosol asociado con un material suelto poco desarrollado de color claro debido al alto contenido de carbonatos de calcio; denominado Regosol calcárico (Rc); de ahí que reciban la clave cartográfica I+Rc/2 de Litosol asociado con Regosol calcarico de textura media.

Además se localizan áreas de castañozem haplico asociado con feozem calcárico de textura fina, que recibe la clave Kh+Hc/3.

Tabla 5. Promedios anuales de los parámetros analizados en el laboratorio.

Años	MO %	Textura %			Da gr/cm ³	pH	CE mS/cm	CO ₃ %	SO ₃ meq/lt
		Ar	Lim	Arc					
1985	4.56	31.5	30.45	38.05		7.5	0.62		
1992	3.90				1.27	7.7	0.80	49.8	117.81
1995	5.31	44.45	28.61	26.6		7.7	2.3	44.79	17.23
1996	5.04	47.38	20.40	33.09	1.24	8.2	2.1		54.97

1997	6.20					7.9	2.7		18.85
2000	4.62	54.53	18.83	26.62	1.07	7.8	0.86	31.13	
2001	3.31	44.29	26.80	28.88	1.1	7.7	1.6		
2002	3.17					7.8	0.4	89.30	
2004	4.55	51.6	35.0	13.4	1.06	7.8	1.03	23.20	
2005	6.68	53.62	21.07	25.30	1.06	8.0	0.87	17.51	
2006	6.17	57.95	24.87	17.18	1.05	7.8	1.44	33.25	8.15

Tabla 6. Clasificación de los parámetros de acuerdo a sus unidades.

Años	M.O	Textura	pH	C.E.	CO ₃	Sulfatos
1985	E R	migajón arcilloso	A M	NS		
1992	R		A M	NS	M	
1995	E R	migajón	A M	NS	M	
1996	E R	migajón arcillo arenoso	A M	NS		
1997	E R		A M	LS		
2000	E R	migajón arcillo arenoso	A M	NS	MP	
2001	R	migajón arcilloso	A M	NS		
2002	R		A M	NS	R	
2004	E R	migajón arenoso	A M	NS	MP	

2005	E R	migajón arcillo arenoso	A M	NS	P
2006	E R	migajón arenoso	A M	NS	MP

E R = Extremadamente Rico

R = Rico

A M = Alcalinidad Media

M P = Medianamente Pobre

P = Pobre

M = Mediano

NS = No Salino

LS = Ligeramente Salino

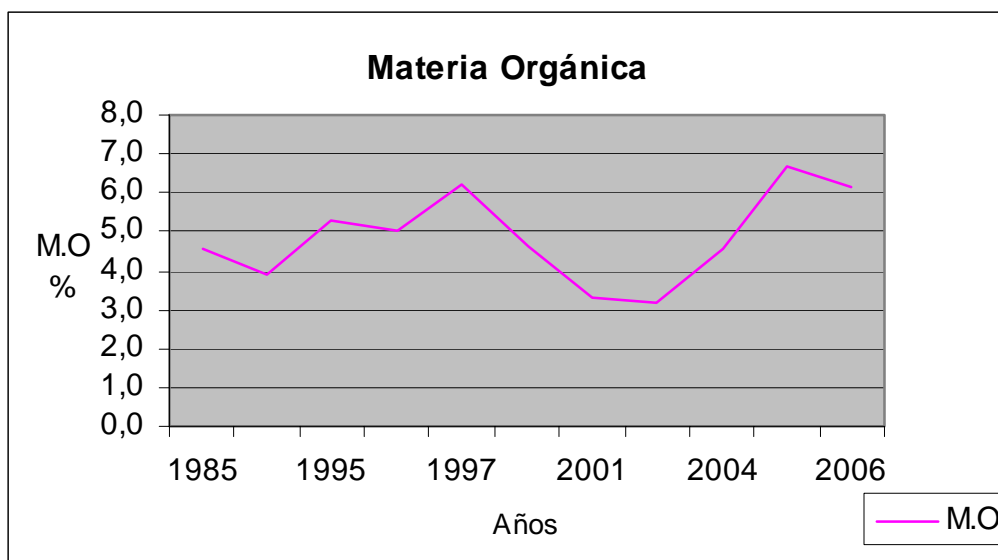


Figura 2. Variación en el porcentaje de la Materia Orgánica durante la formación de un suelo antrópico.

En esta figura se puede observar que la materia orgánica en proceso de descomposición en los primeros años se encontraba en buena cantidad y en el periodo del 2001 se observa un decremento considerable debido al manejo que se le dio al suelo.

En este periodo los aportes de materia orgánica no fueron suficientes para contrarrestar el efecto causado por el paso de los implementos agrícolas en ese periodo.

Posteriormente los aportes de materiales orgánicos favorecieron a incrementar la materia orgánica presente, induciendo a la humificación de la misma.

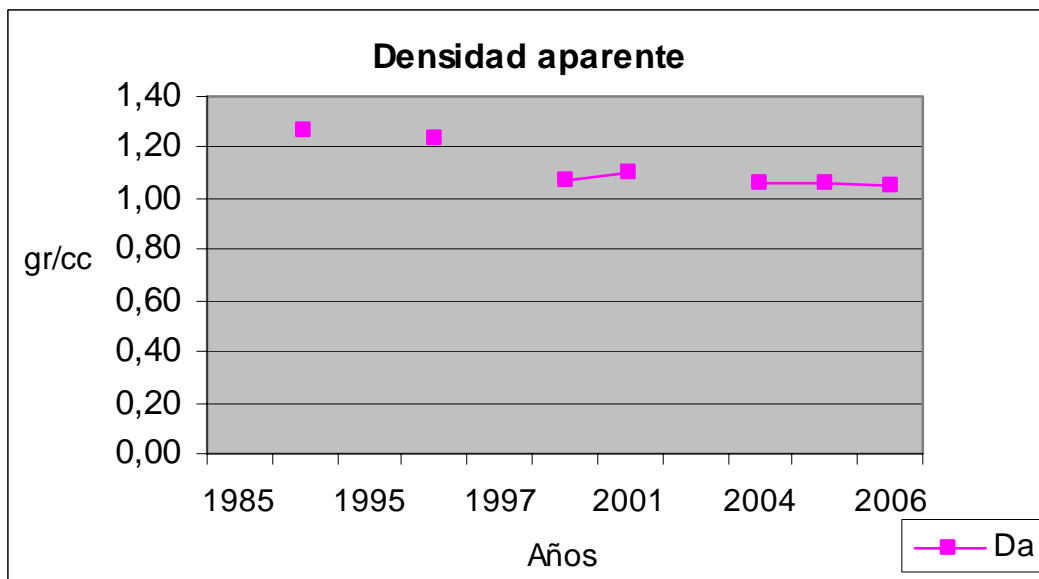


Figura 3. Variación de la Densidad aparente en el suelo.

Aún con los escasos datos recabados se asume que en 1986 la densidad aparente era alta de acuerdo a los datos observados en 1992 y 1996; la materia orgánica ayudo a disminuir la densidad aparente ya que favorece la agregación de los suelos sueltos (SARH, 1982).

La materia orgánica ocupa grandes espacios por lo que evita la compactación del suelo; y es debido a esto que en la zona de estudio se encuentra un valor de densidad aparente bueno sin problemas de compactación.

Se asume que aproximadamente los últimos 6 años se ha mantenido casi estable, con muy ligeras variaciones.

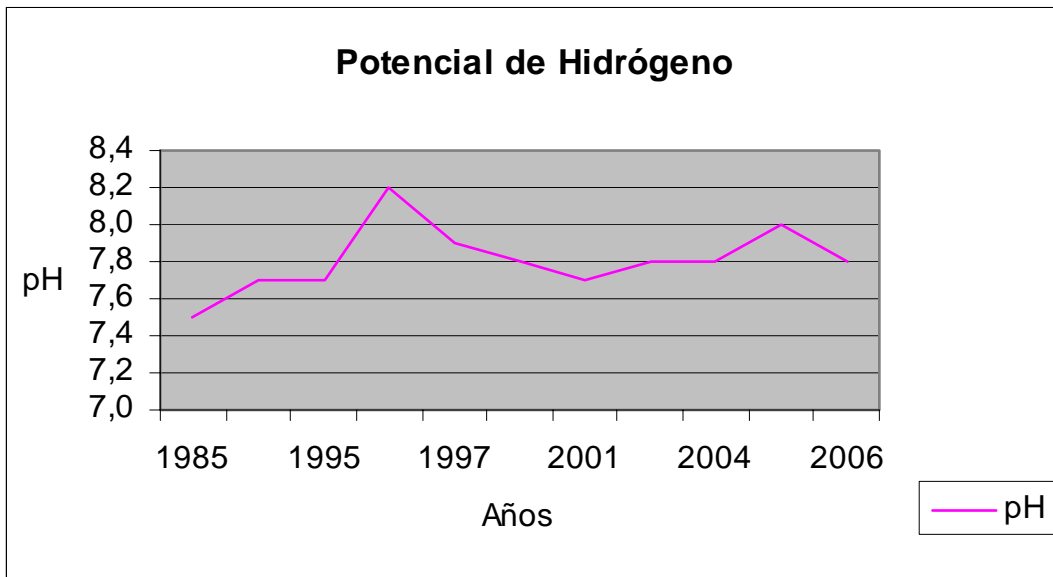


Figura 4. Variación del pH en el suelo en el periodo 1985 – 2006.

En esta figura se puede observar que los suelos presentan una Alcalinidad Media; y una ligera variación.

Las actividades de labranza profunda favorecieron a desmoronar el caliche llevándolo a la superficie; por lo que en 1996 el valor de pH se registro elevado.

El caliche es esencialmente carbonatos de calcio (los responsables de la efervescencia al aplicar HCl), los cuales tienen la propiedad de elevar el pH del suelo, por lo que estos suelos presentan una tendencia a ser alcalinos.

Los aportes continuos de materiales orgánicos en los ciclos posteriores disminuyeron considerablemente los valores del pH manteniéndolos casi estables.

Debido a que los ácidos orgánicos liberados durante la descomposición de la materia orgánica ayudan a reducir la alcalinidad (SARH, 1982)

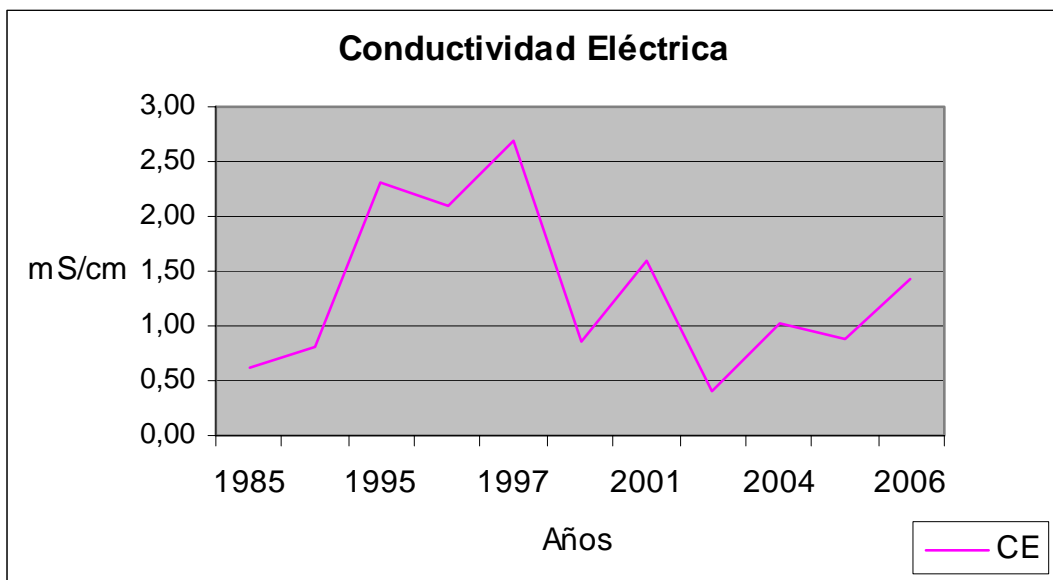


Figura 5. Variación de la Conductividad Eléctrica en el suelo.

En esta figura se puede observar que la conductividad eléctrica no tiene una tendencia estable.

En los años 1995–1997 se encontraron incrementos considerables de acuerdo a la clasificación de aguas para consumo humano luego a alcanzar niveles de salinidad.

Posteriormente se observa una apreciable reducción sin mantenerse estable; pero encontrándose dentro del rango que se clasifica como NO Salina.

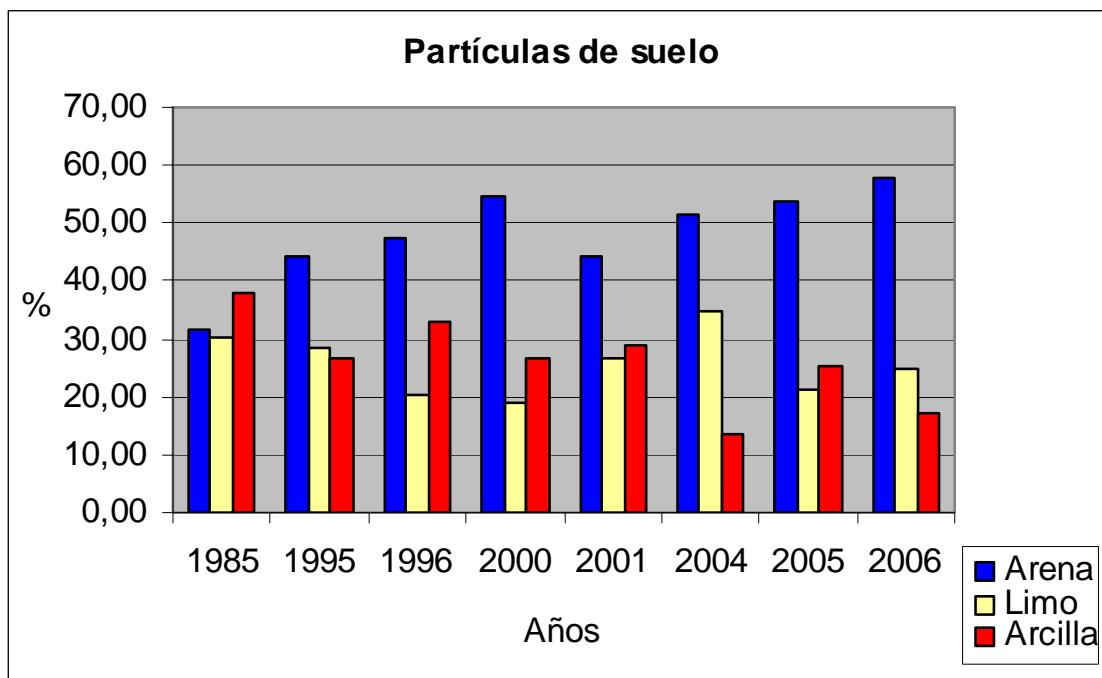


Figura 6. Variación de las partículas de arena, limo y arcilla en el suelo.

Los porcentajes de arena, limo y arcilla varían a través de los años, observándose un ligero dominio de las arenas.

En el año 1985 la textura se clasificó como migajón arcilloso de acuerdo a la figura 6 los porcentajes de arena, limo y arcilla eran muy semejantes. Las partículas de arena, fueron incrementando consecutivamente por el paso de la rastra y el subsoleo triturando las piedras y quebrando el horizonte C, lo cual ocasionó que las partículas de arena se incrementaran.

La clasificación cambio durante este periodo de migajón arcillo arenoso a migajón arenoso durante el presente año, como se observa en la figura 6 el porcentaje de arena esta muy elevado casi llegando al 60% por el motivo anteriormente descrito.

Descripción del Perfil: No.1

Estado: Coahuila.

Municipio: Saltillo

Describieron: Gerardo Juárez Dávila

Fecha de descripción: 8 de Febrero de 2007

Localización: 25° 20' latitud norte y 101° 01' longitud oeste, a 80 m al sur del Instituto Mexicano del Maíz.

Posición geográfica o geoforma: Base de abanico aluvial.

Altitud: 1820 msnm.

Relieve: Medianamente Inclinado.

Vegetación natural: *Gramineas, opuntia, coníferas y agavaceas.*

Cobertura vegetal: Residuos de pastos en toda la superficie.

Uso actual: Rehabilitación.

Clima: BSo K (x') (e)

Precipitación media anual: 360mm.

Temperatura media anual: 19.05 °C.
Régimen de humedad: Aridico.
Régimen de temperatura: Térmico
Drenaje natural: Lento.
Evidencia de erosión: No hay.
Material parental: Calizas.
Manto freático: Muy profundo.
Inundación: No hay.
Pedregosidad: 16%
Formaciones especiales: Encostramientos.

Descripción del Perfil Modal

Ap 0 – 13 cm	Café en seco (10YR 4/3), café oscuro en húmedo (10YR 3/3); migajón graviloso, estructura migajosa a bloques subangulares pequeños; friable en seco y ligeramente plástico y ligeramente pegajoso en húmedo; pH 7.8; materia orgánica 6.7%;CIC 30 meq/100 gr; fuerte reacción al HCl ***; reacción al H ₂ O ₂ **; limite de horizonte abrupto; relieve de horizonte plano; profundidad de raíces 20cm.
-----------------	---

CLASIFICACIÓN

Horizonte diagnóstico superficial (epipedón): **Ocrico**

Horizonte diagnóstico subsuperficiales: No hay

Otras características diagnósticas:

Clima edáfico (regímenes): Humedad: **Aridico**

Temperatura edáfica: **20.05°C**

ORDEN: **Entisoles**

SUBORDEN: **Orthents**
GRANGRUPO: **Torriorthents**
SUBGRUPO: **Lithic Torriorthents**

Descripción del Perfil: No. 2

Estado: Coahuila.

Municipio: Saltillo

Describieron: María del Rosario Medina Tiznado y Gerardo Juárez Dávila.

Fecha de descripción: 8 de Febrero del 2007

Localización: 25° 20' 834'' latitud norte y 101° 01' 611' longitud oeste, a 77 m al suroeste del Instituto Mexicano del Maíz.

Posición geográfica o geoforma: Base de abanico aluvial.

Altitud: 1816 msnm.

Relieve: Medianamente inclinado.

Vegetación natural: *cupresus arisonico*, *opuntia* y *agavaceas*.

Cobertura vegetal: Residuos de pastos.

Uso actual: Rehabilitación.

Clima: Bso K (x') (e)

Precipitación media anual:

Temperatura media anual:

Régimen de humedad: Aridico.
Régimen de temperatura: Térmico.
Drenaje natural: Moderado.
Evidencia de erosión: No hay.
Material parental: Calizas.
Manto freático: Muy profundo.
Inundación: No hay.
Pedregosidad:

Descripción del Perfil Modal

Ap 0 – 20 cm	Café en seco (10YR 5/3), café oscuro en húmedo (10YR 3/3); migajón, estructura migajosa; muy friable en seco y friable en húmedo; pH 8.0; CIC 27 meq/100 gr; materia orgánica 5.7%; CE de 2.18 mS/cm ³ ; fuerte reacción al HCl ***; fuerte reacción al H ₂ O ₂ ***; limite de horizonte abrupto; relieve de horizonte abrupto.
B w 20 – 35 cm	Café en seco (10YR 5/3), café grisáceo en húmedo (10YR 4/2); migajón arenoso, estructura bloques subangulares; friable en seco y ligeramente plástico y ligeramente moldeable en húmedo; fuerte reacción al HCl ***; reacción al H ₂ O ₂ **; limite de horizonte abrupto.
C 35 – X	

CLASIFICACIÓN

Horizonte diagnostico superficial (epipedón): **Ocrico**.
Horizonte diagnostico subsuperficiales: Cambico

Otras características diagnósticas:

Clima edáfico (regímenes) Humedad: Aridico.

Temperatura edáfica:

ORDEN: **Inceptisol**

SUBORDEN: **Ochrepts**

GRANGRUPO: **Eutrochrepts**

SUBGRUPO: **Arenic Eutrocherpts**

Descripción del Perfil

Perfil: No. 3

Estado: Coahuila.

Municipio: Saltillo

Describieron: María del Rosario Medina Tiznado y Gerardo Juárez Dávila.

Fecha de descripción: 9 de Febrero de 2007

Localización: 25° 20' 849" latitud norte y 101° 01' 620' longitud oeste, a 96 m al suroeste del Instituto Mexicano del Maíz.

Posición geográfica o geoforma: Base de abanico aluvial.

Altitud: 1812 msnm.

Relieve: Medianamente inclinado

Vegetación natural: *cupresus arisonico*, *opuntia* y *agavaceas*.

Cobertura vegetal: Residuos de pastos.

Uso actual: Rehabilitación.

Clima: Bso K (x') (e)

Precipitación media anual:

Temperatura media anual:
Régimen de humedad: Aridico
Régimen de temperatura: Térmico.
Drenaje natural: Moderado.
Evidencia de erosión: No hay.
Material parental: Calizas.
Manto freático: Muy profundo.
Inundación: No hay.
Pedregosidad:

Descripción del Perfil Modal

Ap 0 – 29 cm	Café en seco (10YR 5/4), _____ en húmedo (10YR 3/4); migajón, estructura migajosa; muy friable en seco y friable en húmedo, ligeramente plástico; pH 7.8; materia orgánica ____; %SB > 50%. fuerte reacción al HCl ***; reacción al H ₂ O ₂ **; limite de horizonte abrupto; profundidad de raíces 29cm.
-----------------	--

C
29 cm -- X

CLASIFICACIÓN

ORDEN: **Entisol**

SUBORDEN: **Arents**

GRANGRUPO: No hay grandes grupos

SUBGRUPO:

CONCLUSION

Por la constante incorporación de la materia orgánica, en forma de estiércoles de bovino, abonos verdes y residuos de las cosecha, la profundidad del suelo en algunas partes aumentó.

La labranza (subsoleo y rastra) favorecieron al aumento de la profundidad del suelo ya que buena parte del horizonte C ha sido integrado al solum.

Dentro de los parámetros que se estudiaron solo la profundidad tuvo un cambio significativo a través de un corto tiempo, debido a la intervención del hombre.

De acuerdo a los colores del suelo que se presentan en áreas aledañas donde no a habido una intervención fuerte del hombre en el manejo de los

suelos, los colores son más claros para estos sitios (10YR). Esto nos indica que el proceso de mecanización sea pronunciado donde sea incorporado materia orgánica lo cual corrobora los trabajos que se en hecho al respecto.

La materia orgánica es muy rica en esas áreas por la intervención del hombre, esto ha ayudado a que los procesos de melanización tengan importancia, haciendo a los suelos más negros.

A pesar de no haberse hecho análisis de ácidos húmicos se presume que por lo rico de la materia orgánica la velocidad de la humificación es mayor que en otras áreas.

La actividad microbiana es otro factor que se desarrolla cuando el hombre intervino en la formación de los suelos antropicos.

La textura mejoro considerablemente después de que se estuvo incorporando la materia orgánica.

Las rocas no son estables, sino que están en continua transformación por acción del calor, del frío, del agua, del aire, del viento, de las plantas y de los animales. La transformación más importante de las rocas es que por descomposición dan origen al suelo.

Los seres humanos, cuya influencia sobre el medio ambiente es cada vez mayor por el aumento de la población y el desarrollo de la tecnología.

La especie humana ha ocupado casi toda la superficie de la Tierra. Su población aumenta continuamente y está creando serios problemas al medio ambiente, a los otros seres vivos y a sí mismo. Los humanos, con su inteligencia, han desarrollado una serie de conocimientos y tecnologías para transformar el medio y adecuarlo a sus necesidades. Han domesticado plantas y animales; han desarrollado conocimientos sobre el uso de rocas, minerales y recursos energéticos; han modificado inmensas extensiones de áreas naturales

para dedicarlas a la agricultura, a la ganadería, a la forestería y al establecimiento de ciudades e infraestructura. Es la especie más exitosa de la Tierra y ha ocupado todos los espacios geográficos.

El hombre es el mayor depredador o formador de los suelos en el mundo debido al buen o mal manejo que le da.

De acuerdo al tiempo que se necesita para formar horizontes diagnósticos concluimos que solo el hombre puede alterar la velocidad en el tiempo, la formación del suelo, pero así mismo también el hombre acelera su pérdida.

Bibliografía

Benavides, S.T. 1977. Métodos de levantamientos de suelos. Notas de clase. CIAF, Bogotá (inédito).

Buckman y Brady. 1985 Naturaleza y Propiedades de los Suelos

Cassel, d. K. 1980. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance Kral et al (ED.) Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes. Am. Soc. Agron. Spec. Publ. 44: 45-67.

Castro .F. R y DR. Sampat A. Gavande. Física de Suelos Principios y Aplicaciones editorial limusa México 1976

CETENAL. 1974. Carta Topográfica.

CETENAL. 1977. Carta Edafológica.

CETENAL. 1976. Carta Geológica.

Chaudhary, m. R., P. R. Gajri, s. S. Prihar y Romesh Khera. 1985. Effect of deep tillage on soil physical properties and maize yield on coarse textured soils. Soil and Tillage Res. 6: 31-44.

Donahue, Roy L. 1963. La explotación racional de pastos y pedreras artificiales. México continental.

Donahue, Raymond W. 1987. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas.

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. pp18, 19 y20

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. pp 20, 21

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. p15

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. p 25

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. p 43

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. pp43, 44, 46

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. p46

E A FitzPatrick 1980 Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía editorial continental, S. A. DE C. V. p47

E. Von Boyuslawski J. Debruck La Paja y la Fertilidad de los Suelos

Harry O. Buckman y Nyle C. Brady. Naturaleza y Propiedades de los Suelos montaner y simon, S.A. 1977.

Harry O. Buckman y Nyle C. Brady. Naturaleza y Propiedades de los Suelos montaner y simon, S.A. 1977. p35-39

Homer D. Chapman Parker F. Pratt. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Agua

Jenny, H., 1941. Factors of soil formation, McGraw-Hill Book Co., Inc., pp.281.

Labrador M. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ediciones Mundi_Prensa.

Mejía C. L. 1985. NOTAS SOBRE TAXONOMIA DE SUELOS GENERALIDADES SOBRE LOS PRINCIPIOS BASICOS Y ESTRUCTURA DEL SISTEMA TAXONOMICO DEL USDA. Universidad Nacional de Colombia.

Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C. 2003. Edafología, para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi _ prensa.

Papadakis, J. 1980. El suelo, con referencia especial a los suelos de América Latina, Península Ibérica y Ex-colonias Ibéricas. Editorial Albatros, Buenos Aires Republica de Argentina.

Porter, M. A. Y t. A. Mc Mahon. 1987. Simulation of change in bulk density of the cultivated layer in a swelling clay.

R. Earl Storie, 1970

S. W. Boul F. D. Hole R.J. McCracken 1981 Genesis y clasificación de suelos. Editorial trillas p 31

Simonson, R. W 1959. Aut line of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23: 152-156p.

Simonson, R. W 1962. Soil Classification in the United States. Sciences 137: 1027-1034p.

Simonson, R. W 1968. Concept of soil, In: Advances in Agriculture, Vol. 20:1-48pp.

Simonson, R. W. 1999. Origin and acceptance of the term Pedology. Soil Sc. Soc. Am. J. 63:4-10.

Simonson, R. W. 1987. Historical Aspects of the Soil Survey and Soil Classification. Soil Sc. Soc. America. Madison.

Soane, b. D. y J. D. Pidgeon. 1974. Tillage requirement in relation to soil physical properties. Soil Sci. pp. 374-384.

Soil Survey.staff. 1975. Soil Taxonomy. A basic System.

Sposito, G. 1989. The chemistry of soils. Oxford Univ. Press. 277pp. New York.

Sposito, G. 1981

Sposito, G. 1984

Smith, G.D. 1962. Objectives and Basic assumptions of new soil classification system. Soil Sci. 96: 6-16p.

Smith, G.D. 1965. Lectures on soil classification. Pedologie spec. publ. No. 4,134p.

Tamhane, R. V.1996. Suelos: su química y su fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana México.

Weyman, D. y Weyman, V.1977: Landscape Processes. George Allen & Unwin. 95 pp. Londres.

Citas de Internet

BAL, L. 1975a. Carbonate in soil: A theoretical consideration on, and proposal for its fabric analysis. Neth. J. Agric. Sci. 23: 163-176.

BAL, L. 1975b. Carbonate in soil: A theoretical consideration on, and proposal for its fabric analysis.1. Crystic, calcic and fibrous plasma fabric. Neth. J. Agric. Sci. 23: 18-35.

- BATHURST, R.G.C. 1971. Carbonate sediments and their diagenesis. Elsevier. Amsterdam. 620 pp.
- BIRKELAND, P.W. 1984. Soil and Geomorphology. Oxford University Press. Inc. N. Y. 372 pp.
- BREWER, R. 1964. Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley and Sons, Nueva York.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. y TURSINA, T. 1985. Handbook of soil thin section description. Waine Research Publishing, Albrighton, U.K.
- DORRONSORO, C.; STOOPS, G.; AGUILAR, J.; FERNÁNDEZ, J. 1995. Micromorphological Aspects of the calcification/decalcification processes in Red Mediterranean Soils. Red Mediterranean Soils. Intern Soil Sc.Soc. 44-45 .
- DORRONSORO, C.; AGUILAR, J.; FERNANDEZ, J. 1996. Interactive computer programme for demonstration of micromorphological aspects of calcification processes in soils. 10th Int. Working Meeting on Soil Micromorphology. Moscú.
- DORRONSORO, C.; AGUILAR, J.; FERNANDEZ, J. 1998. Carbonate in Soils. Interactive computer programme for demonstration of some aspects of calcification processes in soils. 16th World Congress of Soil Science. Montpellier. 20-26 August.
- FOLK, R.L. 1974. The natural history of crystalline calcium carbonate: Effect of magnesium content and salinity. J Sedim Petrol. 44(1): 40-53.
- GILE, L.H.; PETERSON, F.F. y GROSSMAN, R.B. 1966. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulations in desert soils. Soil Sci. 101: 347-354.
- LIPPMANN, F. 1973. Sedimentary Carbonate Minerals. Springer-Verlag. Berlin. 228 pp.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy. Agriculture Handbook 436, U.S.D.A., Washington, D.C

<http://edafologia.ugr.es/carbonat/referen.htm>

(Homer D. Chapman Parker F. Pratt. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Agua

E. Von Boyuslawski J. Debruck La Paja y la Fertilidad de los Suelos

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0. Washington DC, USA, 693p.

http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.1.htm

pyright © 2002 - 2004 AgroInformacion.com All Rights Reserved
<http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=129>

http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=23287_208&ID2=DO_TOPIC

<http://www.redpav-fpolar.info.ve/venesuel/v011/v011a010.html>

Esta página fue modificada por última vez el 16:30, 10 nov 2007.

http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo#Formaci.C3.B3n_del_suelo

<http://edafologia.ugr.es/cartotema02/amplia3.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo#Formaci.C3.B3n_del_suelo

[**http://edafologia.ugr.es/carbonat/facform.htm**](http://edafologia.ugr.es/carbonat/facform.htm)

<http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=129>

<http://edafologia.ugr.es/cartotema02/imagenes/rhperudi.gif>