

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



***EVOLUCIÓN DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS EN  
LA FORMACIÓN DE UN SUELO ANTRÓPICO***

Por

**MARIA DEL ROSARIO MEDINA TIZNADO**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Junio de 2007**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO

*EVOLUCIÓN DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS  
EN LA FORMACIÓN DE UN SUELO ANTRÓPICO*

POR:

Maria del Rosario Medina Tiznado

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. Rubén López Cervantes  
Asesor

---

Dr. Edmundo Peña Cervantes  
Asesor

---

Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún  
Asesor

---

Dr. Raúl Rodríguez García  
Coordinador de la División de Ingeniería

## INDICE DE CONTENIDO

<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	iii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	6
<b>DEDICATORIA</b> .....	8
<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>SUMMARY</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Generalidades.....	4
Génesis.....	5
Formación del suelo.....	7
Taxonomía.....	14
Taxonomía de FAO.....	17
Taxonomía Americana.....	18
Suelos Antrópicos.....	19
Beneficios al aplicar materiales orgánicos.....	20
Materia orgánica.....	21
Densidad aparente.....	23
Conductividad eléctrica.....	24
Capacidad de intercambio cationico.....	25

Potencial de hidrógeno.....	26
Carbonatos.....	26
Labranza.....	27
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
Localización del área de estudio.....	30
Muestreo de suelos.....	32
Descripción del perfil.....	34
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
Caracterización del suelo.....	35
Materia orgánica.....	38
Densidad aparente.....	39
Potencial de hidrógeno.....	40
Conductividad eléctrica.....	41
Partículas de suelo.....	42
Clasificación del primer perfil.....	44
Clasificación del segundo perfil.....	46
Clasificación del tercer perfil.....	48
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>52</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>59</b>

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Organismos que habitan en el suelo.....	9
Tabla 2. Prácticas utilizadas en conservación de suelos para la formación de suelos Antrópicos.....	32
Tabla 3. Determinaciones Físicas, con sus respectivos métodos.....	33
Tabla 4. Determinaciones Químicas, con sus respectivos métodos.....	33
Tabla 5. Promedios anuales de los parámetros analizados en el laboratorio.....	36
Tabla 6. Clasificación de los parámetros de acuerdo a sus unidades.....	37

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Localización del área de estudio.....	31
Figura 2. Variación del porcentaje de Materia Orgánica.....	38
Figura 3. Variación de la Densidad aparente expresada en grs/cm <sup>3</sup> .....	39
Figura 4. Variación del Potencial de Hidrógeno.....	40
Figura 5. Variación de la Conductividad Eléctrica expresada en mS/cm.....	41
Figura 6. Variación del porcentaje de las partículas de suelo.....	42

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiar mis pasos, por permitirme llegar a culminar una etapa más de mi vida. Por mostrarme que este era mi camino aún en contra de mi propia voluntad.

A mis padres por su confianza, su apoyo, su fortaleza y su gran amor para con todos sus hijos.

Mi más grande y sincero agradecimiento al MC. Javier S. Torres Arreguín, por haberme brindado confianza, paciencia, respeto y apoyo. De no haber sido por usted esto no se hubiese llevado a cabo.

Agradezco al Dr. Edmundo Peña Cervantes por brindar su tiempo y apoyo a la presente investigación. Además por su comprensión y apoyo brindado durante el tiempo en que curse la licenciatura dentro de esta gran Institución.

Al Dr. Rubén López Cervantes por su apoyo, por aceptar ser parte importante de este proyecto y por enseñar con la práctica que siempre se debe ser positivo.

También agradezco al Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún por aceptar ser parte de este jurado y por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

Agradezco también al personal del Departamento Ciencias del Suelo a los laboratorios de Servicios y Vinculación, Fertilidad de suelos y en especial al de Pedología a su responsable TLQ. Patricia Herrera Gaytan. Gracias Paty por tanta disponibilidad.

Agradezco también a mi amigo, mi novio Gerardo Reyes Jiménez por sus palabras de aliento, de superación, por tanta confianza depositada, por comprenderme y recordarme todos los días la igualdad y el respeto entre personas.

A mis compañeros y amigos de generación Wiliam Escalante, Gerardo Juárez, Bonifacio Jiménez y Antonio Vargas. Por haberlos conocido y aprender cosas juntos. Porque gracias a que fuimos pocos tuvimos la oportunidad de conocernos mejor. Suerte muchachos.

Agradezco a Ma. Adelaida, Fermín, Ismael, Jacob, Rubén, Ronay y Celin por hacerme compañía y por permitirme disfrutar grandes emociones con ustedes.

Agradezco al equipo de volei bol y en especial al Coach Ing. Gabino Herrera por haberme invitado a formar parte de este gran equipo y por ayudarme a descubrir nuevas y grandes habilidades. Pero sobre todo por ayudarme a tener confianza en mi misma.

Sin lugar a duda agradezco también a mi “ALMA TERRA MATER” por haberme permitido ser parte de ella y desarrollarme con buenas y malas experiencias, por permitirme disfrutar de una de las mejores etapas mi vida..... el ser Universitario.

## DEDICATORIA

Con mucho cariño, admiración y respeto a mis padres:

Ramona Tiznado Hernández  
José Marcos Medina Islas

A estas grandes y maravillosas personas que me cuidaron, que me vieron crecer, que me brindaron cariño, confianza y lo mejor de todo lo que les era posible dar; quienes velaron siempre para que no me faltara nada en el transcurso de la carrera, quienes tuvieron que sacrificar tantas cosas para mostrar su apoyo incondicional; quienes me dieron los mejores consejos y los más fuertes regaños para guiarme hacia un buen camino junto a todos mis hermanos y por ayudarnos a ser unas personas de bien.

Porque gracias a ustedes me forme como persona y como profesionista, hoy les entrego una pequeña muestra de que sus esfuerzos no fueron en vano.

Para ustedes mi respeto, agradecimiento, admiración y mi amor por siempre.

A mis hermanos:

Sandra	Álvaro	Ma. de los Ángeles	Mariela Navild
Alma Delia	José Misael	Aldo Eleazar	

A todos ustedes por todos sus consejos y sus palabras de apoyo, por todo el cariño y el afecto que me brindan; por ser una familia trabajadora, responsable, sencilla y muy feliz.

A ti Misael por mostrarme que podíamos lograr este objetivo, por tu compañía, tus regaños y tu apoyo brindado sobre todo aquí lejos de casa, por mostrarme que había que ser fuertes.

A ti Álvaro (Meño) por tu gran sacrificio, porque depositaste tu confianza y tu apoyo incondicional. Por haber aceptado y compartido con nuestros padres la gran responsabilidad de ayudarnos a terminar una carrera. Gracias Hermano.



A mi abuelita:

María Apolinaria Hernández Robles  
Por su cariño, preocupación y por brindarme siempre consejos para una vida sana,  
tranquila y feliz. Por tanta confianza depositada.

A ti Gerardo Reyes Jiménez por sostenerme en los momentos difíciles y de  
soledad, por ayudarme a conocerme más afondo y por brindarme palabras de apoyo  
y aliento, una gran amistad y un amor sincero.

Para todos ustedes los seres más queridos e importantes de mi vida; con mucho  
cariño los quiere...

*Maria del Rosario*

## ***RESUMEN***

En la presente investigación se consideró determinar la evolución de algunas características físicas y químicas en el proceso de formación de un suelo Antrópico.

La formación del suelo es un proceso extremadamente largo; es por eso que los aportes de materiales orgánicos y el manejo adecuado del mismo propició a acelerar los procesos de formación.

Se encontró que los suelos si mejoran las características físicas con los aportes de los materiales orgánicos, observando estos resultados en el porcentaje de materia orgánica, la densidad aparente y la textura.

Las prácticas mecánicas también favorecen, pero de igual manera afectan cuando la cantidad de materia orgánica en el suelo no es suficiente.

Las características químicas como el pH y la CE disminuyeron considerablemente.

El suelo en estudio es del orden de los Entisoles; en proceso de ser Plágeno.

Para la presente investigación se usó la clasificación de suelos Americana (USDA); la Soil Taxonomy.

## **SUMMARY**

The present investigation consider determine the evolution of some characteristic physical and chemical in the process of formation of a Antropic Soil.

The soil formation is a process extremely prolonged, is for that what the contribution of organic material the management adequate propitious an accelerate the process of formation.

Find what the soil improve the physical characteristic with the contribute of the organic material, observation that result in the percentage of matter organic, the apparent density and the texture.

The mechanics practics also favour but of equal manner affect when the quality of matter organic in the soil not is sufficient.

The chemical characteristic the pH and the CE disminer considerably.

The soil in study is the Entisol order; in process it's Plágeno.

To the present investigation used the classification of the Soil Taxonomy, of the United States Department of Agriculture.

## **INTRODUCCIÓN**

La explotación agrícola de los suelos se remonta a tiempos anteriores al registro de la historia y posiblemente antes del año 10,000 A.C.

Se tienen datos sobre el inicio de la agricultura de riego alrededor del año 5000 A.C. en la Mesopotamia, ahora Irak entre los ríos Tigris y Eufrates (citado por Narro, 1987)

El hombre conoce al suelo desde tiempos muy remotos, mostrando mayor interés desde el momento en que se volvió sedentario, cuando comenzó a cultivar sus alimentos, fue entonces cuando debido a la necesidad de conocer el suelo tuvo que buscar características diferentes entre estos para poder así iniciar una diferenciación que le ayudara a identificar cuales suelos le favorecían para cultivar sus alimentos y cuales no.

La presencia o ausencia de estas características se debe principalmente al proceso de formación del suelo; proceso en el cual intervienen varios factores: el material parental, el clima, los seres vivos, el relieve y el tiempo.

Estos factores llamados de formación del suelo, interactúan sobre el material parental -rocas y minerales, depósitos orgánicos, depósitos glaciares, depósitos marinos, loess, material coluvio-aluvial y materiales volcánicos- que es meteorizado por los agentes meteorológicos y así el material parental se va fragmentando y/o descomponiendo. Los fragmentos de roca se entremezclan con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en descomposición, fragmentos de vegetales, pequeños organismos que viven en el suelo, etc. Con el paso del tiempo todos estos materiales se van estratificando y terminan por formar lo que llamamos suelo.

La formación de los suelos en su mayoría es de manera natural, producto de la interacción de los cinco factores de formación, pero también existen suelos mejorados y formados por el hombre a los cuales se les conoce como suelos antrópicos.

Es un horizonte de tipo mólico, que tiene un contenido muy elevado de fosfato como resultado del cultivo y fertilización por largo tiempo (Foth, 1986)

Estos suelos son desarrollados o mejorados por aportes continuos de materiales orgánicos hechos por el hombre; debido a que el proceso de formación de los suelos es muy dinámico y requiere tiempo estos suelos son relativamente jóvenes y requieren el constante apoyo del hombre.

La génesis de la mayoría de los suelos antrópicos está relacionada con las prolongadas adiciones de materiales con un mayor o menor contenido en materia orgánica. Ello conlleva un desmedido crecimiento del horizonte A, lo que permite distinguirlos de los suelos vecinos porque se sitúan en un plano más elevado, dado su crecimiento preferente desde la superficie inicial hacia arriba. El material original lo constituye el antiguo suelo sobre el que se ha producido la manipulación humana.

En este Grupo se definen los tipos de horizontes que se mencionan a continuación; como siempre existe una precedencia entre ellos: Antrosol hidrágrico, Antrosol irrágico, Antrosol térrico, Antrosol plágico y Antrosol hórtico.

## ***OBJETIVOS***

- Determinar la evolución de algunas características físicas y químicas en el proceso de formación de un suelo antrópico.
- Clasificar taxonómicamente el suelo a nivel de subgrupo.

## ***HIPÓTESIS***

El estiércol de bovino, la incorporación de pastos y los residuos de cosechas mejoran más rápidamente la textura, densidad aparente, pH y la conductividad eléctrica de los suelos de zonas áridas.

# **REVISIÓN DE LITERATURA**

## **Generalidades**

Por definición el suelo es una entidad que evoluciona, conservada en un flujo de materiales geológicos, biológicos, hidrológicos y meteorológicos. Los cuerpos de suelos individuales y sus correspondientes horizontes individuales juegan papeles diferentes debido a la distribución desigual de materiales. Algunos suelos y horizontes se enriquecen en ciertas sustancias, mientras otras empobrecen (Boul, 2000).

Baver (1972) menciona que el suelo es un sistema de tres fases que contiene un número casi ilimitado de componentes, en fase sólida, líquida y gaseosa, no distribuidos al azar en el perfil del suelo y cuya ordenación está constreñida por los tamaños y la disposición de los componentes sólidos.

En general, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado la meteorización (desintegración por la acción de agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas (Sposito, 1989 citado por INE, 1996).

Los materiales originales se componen de materia mineral u orgánico o por una mezcla de ambas. El material mineral comprende rocas y diversos sedimentos no consolidados. Las rocas pueden ser ígneas, metamórficas o sedimentarias (Fitz Patrick, 1996).

Los minerales presentes en las rocas como granito, basalto, gneis y esquisto se denominan minerales primarios. Estos minerales se descomponen en el suelo para formar minerales secundarios, principalmente arcillosos. Los minerales pueden dividirse en no silicatos y silicatos. En los primeros se

incluyen óxidos, hidróxidos, sulfatos, cloruros, carbonatos y fosfatos, la mayoría de ellos con estructuras químicas sencillas, aunque su solubilidad y resistencia a la meteorización son muy variables (Fitz Patrick ,1996).

## **Génesis**

La formación del suelo es un proceso muy largo y lento que requiere de miles o millones de años (Fitz Patrick, 1996).

El famoso edafólogo ruso Dokuchaiev demostró que los suelos no se distribuyen al azar, si no que desarrollan un patrón sobre el terreno, además, estableció los cinco factores que dan origen al suelo: material original, clima, organismos, relieve y tiempo (Fitz Patrick, 1996).

Un factor de formación de suelos es un agente, una fuerza, una condición, una relación o una combinación de ellos, que afecta, ha afectado o puede influir en el material original del suelo, con potencial para cambiarlo (Buol, 2004).

Siempre se forman suelos muy parecidos en todo lugar en el que las características de la roca y el clima sean similares. El clima influye más en el resultado final que el tipo de roca y, conforme va avanzando el proceso de formación y el suelo se hace más evolucionado, menos influencia tiene el material original que formaba la roca y más el clima en el que el suelo se forma (Echarri, 1998).

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 enérgico y con una acción prolongada, pueden dar lugar suelos análogos (Porta, López-Acevedo y Roquero, 2003).



Boul (2004) menciona que cuanto mas joven sea el suelo, tanto mayor será la influencia y relación con el material original. Conforme se llevan acabo los procesos edafogénicos y la intemperización, la influencia de los materiales originales tiene cada vez un valor mas bajos.

Los factores que intervienen en la formación del suelo son: Material parental, topografía, clima, vegetación, organismos y tiempo.

### **Material parental**

Aspectos importantes son:

Composición, en virtud a que de ella depende la solubilidad/estabilidad de los minerales, como cuarzo vs calcita, uno estable y el otro muy soluble.

Textura, tamaño de grano y porosidad; granos pequeños tienen más superficie expuesta al intemperismo, en ellos el grado de intemperismo puede ser mayor.

Estructura, masiva a muy fracturada o delgadamente estratificada; estructuras más masivas, menor intemperismo; más fracturadas, mayor intemperismo.

### **Clima**

Aspectos importantes que determina son: la temperatura y la humedad del ambiente y en el sustrato; y además los gradientes de temperatura diaria. Mayor humedad y temperatura generalmente favorecen la intemperización.

### **Topografía**

De baja pendiente (planicies) a alta pendiente (escarpes). En altas pendientes hay más erosión, menor acumulación de humedad y materia orgánica en consecuencia menos intemperismo.

### **Organismos y vegetación**

Varía de ningún organismo ni suelo, a abundante actividad orgánica (tanto vegetal como de organismos en el suelo). Suelos delgados y jóvenes tienen poca vegetación. A mayor vegetación y organismos, mayor grado de intemperismo.

## **Tiempo**

Varía de corto tiempo a largo tiempo de exposición a la intemperie y agentes. Más tiempo, más intemperismo, suelos más desarrollados; menos tiempo, menos intemperismo, suelos menos desarrollados. El tiempo determina muchos 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 debido a variaciones en el clima, la vegetación o responder a aspectos internos.

## **Formación del suelo**

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, 2006).

### **Material parental**

Jackson y Sherman (1953) citados por Mejía (1985) menciona que el material parental es material mineral inconsolidado y mas o menos químicamente alterado, a partir del cual el suelo es sintetizado.

Los materiales parentales que comúnmente originan los suelos; se dividen en 6 clases.

- 1) Rocas y minerales.
- 2) Depósitos de sedimentos aluviales y marinos.
- 3) Depósitos de sedimentos glaciares.

- 4) Depósitos de loess.
- 5) Depósitos de sedimentos piroclásticos (cenizas volcánicas).
- 6) Depósitos orgánicos.

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 (Porta, López-Acevedo y Roquero, 2003).

Black y Mendiola (2006) la roca madre 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).

Donahue *et al* (1977) las propiedades de los suelos están íntimamente ligadas a las propiedades del material original del cual se desarrollaron.

El material madre es transportado a lugares bajos, donde se acumulan en capas más gruesas, cuando es transportado por el agua se llama aluvial y puede ser fluvial (por ríos), lacustre (por lagos), marino (por el mar) y glaciar (por glaciares). Si es transportado por el viento se llama eólico (Black y Mendiola, 2006).

## **Clima**

Mejía (1985) menciona que el clima su principal influencia es ejercida a través de la precipitación y la temperatura. El efecto de estos dos agentes se traduce en la meteorización física y química de las rocas y minerales, en la producción y descomposición de la materia orgánica, en la disolución de los compuestos solubles, 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.

El clima influye sobre todo en el complejo de cambio y el pH del suelo. Cada factor actúa siempre como modificador de las condiciones que ha predeterminado el material original (Facultad de ciencias, actualizada 2005).

## **Organismos**

Jenny (1941; 1958) citado por Mejía (1985) menciona que dentro del factor de formación conocido como organismos involucran una comunidad biótica a la que pertenecen la vegetación natural y los cultivos, la población microbiana del suelo, el hombre y la microfauna que habita en y sobre el suelo.

Los organismos vivos, al morir entregan residuos orgánicos, que se incorporan al suelo. La actividad de estos organismos en el suelo, sus movimientos, sus excrementos y sus secreciones contribuyen a removerlo y activarlo. Los seres vivos enriquecen y transforman el suelo (Black y Mendiola, 2006).

Los seres vivos constituyen a los microorganismos y la mesofauna. Estos existen por millones y participan en la descomposición de la materia orgánica (Black y Mendiola, 2006).

Tabla 1. Organismos que habitan en el suelo

<b>Mesofauna</b>	<b>Microfauna</b>
Lombrices	Protozoos
Nemátodos	Bacterias
Caracoles	Hongos
Babosas	Algas
Milpies	
Ciempis	
Insectos	

La vegetación como factor de formación muestra su principal influencia sobre el horizonte A, que es predominantemente orgánico dentro de los horizontes minerales. En él se produce el depósito de los restos vegetales, su descomposición, su humificación y eventualmente la formación de complejos con el material mineral.

Los restos vegetales cuando se depositan en la superficie del suelo, sufren un proceso de trituración por parte de la micro y mesofauna del suelo, al tiempo que ellos mismos desarrollan un proceso de autólisis como les ocurre a todos los seres vivos cuando dejan de serlo (Facultad de ciencias, actualizada 2005).

Los restos triturados junto con las deyecciones de los animales aparecen íntimamente mezclados con los microorganismos presentes. El aumento de superficie que provoca la trituración favorece el ataque de las bacterias y principalmente; en esta primera etapa, los hongos, que atacando la lignina y la celulosa, van destruyendo las paredes celulares y haciendo cada vez más irreconocible la estructura vegetal original favoreciendo con estos a los procesos de mecanización y humificación del suelo (Facultad de ciencias, actualizada 2005).

Las plantas con sus raíces contribuyen a partir las rocas y, al morir, sus restos se mezclan con las piedras y la arena enriqueciéndolas con material orgánico (Black y Mendiola, 2006).

Tamhane (1996) describe que las bacterias, los hongos y los actinomicetos ayudan al desarrollo de la estructura del suelo deseable mediante sus secreciones de sustancias pegajosas que no son solubles en agua.

Tamhane (1996) además menciona que los animales perforan el suelo y constituyen canales extensos a través de él, los canales sirven no solo para aflojarlo, si no para mejorar el desagüe y aireación.

## Relieve

El relieve influye en la distribución de las fuerzas climáticas y los agentes de los materiales del suelo. Las variaciones de aspecto 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 flora y fauna del suelo a los rayos directos del sol, y 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 corriente de agua y erosión, positiva y negativa, y f) las condiciones para la acumulación y el retiro de depósito por el viento (Buol, 2004).

Mejía (1985) menciona que el relieve ejerce una influencia tan marcada en la formación, evolución y características de los suelos, que en ocasiones dentro de un mismo paisaje y bajo condiciones ambientales similares pueden coexistir suelos de morfología completamente diferentes a intervalos de muy escasos metros.

Considerado localmente o dentro de áreas geográficas específicas, el relieve guarda una relación más o menos estrecha con:

- a) La profundidad o espesor del solum y del horizonte A
- b) El contenido de materia orgánica en el horizonte A
- c) El color de los materiales del suelo
- d) El contenido de humedad del suelo
- e) Grado de diferenciación entre las capas del perfil
- f) El pH del suelo
- g) El contenido de sales solubles
- h) El contenido y distribución de la arcilla en el perfil
- i) La temperatura del suelo
- j) El grado de meteorización del material parental
- k) La presencia o ausencia de capas compactas en el perfil del suelo
- l) La localización del nivel freático

Donahue *et al* (1977) 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.

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

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

## **Tiempo**

Mejía (1985) menciona que el tiempo determina el grado en el cual los demás factores alcanzan su máxima expresión.

Con el tiempo, los materiales parentales sufren modificaciones tan profundas que ya no son reconocibles como tales, pues se han producido cambios en la apariencia física, es decir, en la morfología. Existirán diferencias desde la superficie hacia las capas más profundas, de tal manera que el suelo superficial será de un color más oscuro por efecto de la mayor acumulación de materia orgánica. El suelo subsuperficial será de una mayor densidad por efecto de la acumulación de arcillas.

Estas capas claramente diferenciadas se denominan horizontes que, cuando se consideran colectivamente constituyen el perfil del suelo (Casanova, 2003).

Dorronsoro (2004) menciona que la velocidad de formación de un suelo es extraordinariamente lenta y depende del tipo de factores formadores de cada suelo. Así los suelos se desarrollarán más fácilmente sobre materiales originales sueltos e inestables que a partir de rocas duras y constituidas por

minerales estables. También es lógico esperar una más rápida formación en los climas húmedos y cálidos que en climas secos y fríos. Por ello la velocidad de formación del suelo es muy variable.

La génesis del suelo es un proceso extremadamente lento. La formación de una capa de 30cm de suelo puede durar de 1.000 a 10.000 años. Desde este punto de vista, se debe considerar el suelo como un recurso no renovable y por lo tanto un bien a proteger (UNESUR, 2004).

Ortiz (1990) menciona que el tiempo requerido para que el suelo desarrolle diferentes capas llamadas horizontes depende sobre todo de las interrelaciones de todos los factores, tales como el clima, naturaleza del material parental, los organismos y el relieve.

Donahue *et al.* (1977) citado por Ortiz (1990) menciona que bajo condiciones ideales un suelo puede formarse completamente en unos 200 años.

La mayoría de los suelos maduros posee, al menos, tres de los horizontes (A, B y C), pero suelos recientes o poco desarrollados pueden carecer de ellos. Algunos suelos tienen una capa orgánica (horizonte O) compuesta principalmente por hojas, desechos animales, hongos y otros materiales orgánicos parcialmente descompuestos (Semarnap, 2005).

Los componentes de los suelos maduros se encuentran dispuestos en una serie de zonas llamadas horizontes. El arreglo de estos horizontes en un suelo se conoce como un perfil edáfico o perfil del suelo. Cada horizonte se caracteriza por tener diferentes propiedades como color, textura, estructura, espesor y composición (tipo de minerales y elementos químicos presentes), además de su consistencia y reacción. Todas estas propiedades son utilizadas para definir los tipos de horizontes, de los cuales se han identificado a la fecha seis, simbolizados con las letras mayúsculas O, A, E, B, C y R (Miller 1994, Jaramillo 2001) citados por Semarnap (1996).



## **Taxonomía**

La clasificación de suelos tiene como objetivo principal agrupar a los suelos en función de su morfología y de sus propiedades intrínsecas que se pueden derivar del examen del perfil del suelo; esto es lo que se denomina una clasificación taxonómica (Walter, 2005).

En cualquier esquema de clasificación los individuos se asocian en grupos lógicos a causa de sus características, principiando el agrupamiento por los grupos más grandes y descendiendo después a los grupos más pequeños (Ortiz, 1990).

Un agrupamiento lógico de cualquier grupo de materiales heterogéneos o de individuos, es necesario para estudiarlos provechosamente. Tal sistema de agrupamiento es conocido como clasificación. En el estudio de los suelos la clasificación es especialmente necesaria (Ortiz, 1990).

Buol (1973), sintetizan al acto formal de clasificar los fenómenos naturales, en una serie de objetivos básicos que responden a la necesidad de:

- Organizar los conocimientos sobre dichos fenómenos.
- Extraer y entender las relaciones que ligan entre sí a los individuos y a las clases.
- Recordar las propiedades de los objetos clasificados
- Aprender nuevas relaciones y principios que surgen del ordenamiento de la población que clasificamos.
- Establecer grupos o clases de los objetos bajo estudio que sean de utilidad práctica para:
  - a. Predecir su comportamiento
  - b. Identificar su uso mas adecuado
  - c. Estimar su productividad
  - d. Extrapolar los resultados de la investigación a áreas similares.

Existen numerosísimas clasificaciones de suelos, desarrolladas bajo muy diferentes puntos de vista. De las cuales se destacan las siguientes:

- Clasificación de Kubiena. Primera clasificación moderna (1953). Es una clasificación muy didáctica, las claves van desde los suelos poco evolucionados a los de mayor evolución. Se trata de una clasificación muy importante que marco un hito en su tiempo aunque hoy a quedado totalmente obsoleta.
  
- Clasificación Francesa (1967). En líneas generales sigue a la Kubiena aunque con bases mas modernas. Hoy se puede considerar también en desuso.
  
- La SOIL TAXONOMY con bases morfométricas, utiliza propiedades medibles del suelo, bien directamente en el perfil o analizando muestras en el laboratorio. Representa actualmente la tendencia más aceptada en las modernas clasificaciones de suelos.
  
- La FAO/UNESCO es muy parecida a la Soil Taxonomy, siguen las mismas bases.
  
- Otras clasificaciones importantes han sido:
  - ✓ Alemana,
  - ✓ Rusa,
  - ✓ Canadiense,
  - ✓ Australiana.

Actualmente existe una fuerte tendencia a utilizar dos clasificaciones que pueden ser calificadas como internacionales, estas son la Soil Taxonomy, presentada por el Soil Survey Staff de los Estados Unidos, y la desarrollada por la FAO/UNESCO para la obtención de un mapa de suelos a nivel mundial (Barahona, 2006).

Fitz Patrick (1996) describe que la taxonomía Americana de suelos tiene 10 ordenes, diferentes entre si por la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos o características que muestren los procesos formadores del suelo predominante. Los niveles taxonómicos se dividen en órdenes, subórdenes, grandes grupos, subgrupos, familias y series. Los nombres de los órdenes tienen la terminación *sol*. Del nombre se extrae un elemento formativo que se utiliza como terminación de los nombres de todos los subórdenes, grandes grupos, subgrupos de un mismo orden.

Mejía (1985) menciona que G. D. Smith en abril de 1978 propuso la creación de otro orden que incluyera aquellos suelos que se clasificaban en los Inceptisoles (de los subordenes Andepts y Andaquept y posiblemente algunos pertenecientes a grupos Andicos).

Jaramillo menciona que en el Soil Survey Staff de 1998 se describe las características del 11<sup>o</sup> orden conocido como Andisol.

“Suelos que tienen propiedades ándicas en 60% o más de alguno de los siguientes espesores:

1. Dentro de 60 cm desde la superficie del suelo mineral o de una capa orgánica con propiedades ándicas, la que esté más superficial, si no hay contacto denso, lítico o paralítico, duripán u horizonte petrocálcico dentro de ese espesor; o
2. Entre la superficie del suelo mineral o de una capa orgánica con propiedades ándicas, la que esté más superficial, y un contacto denso, lítico o paralítico, un duripán o un horizonte petrocálcico”.

Los materiales con propiedades ándicas en los suelos se caracterizan por poseer altos contenidos de materia orgánica, alta capacidad de fijar fosfatos, baja densidad aparente y unos determinados contenidos de Al y de Fe extractables con oxalato ácido de amonio.

[http://www.unalmed.edu.co/~geosuelo/Taxon\\_andisoles.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~geosuelo/Taxon_andisoles.pdf)

Ortiz (1990) menciona que de acuerdo con las ideas actuales se hace referencia a dos sistemas de clasificación.

1. Sistema propuesto por la FAO, según anteproyectos iniciados desde 1964, para usarse en la elaboración del mapa mundial de suelos.
2. Sistema Americano (7ª aproximación) que es el agrupamiento sistemático propuesto por los Estados Unidos y actualmente considerado como oficial en este país desde el 1º de Enero de 1965.

### **Taxonomía de FAO**

En 1961 se inicio un proyecto conjunto entre la FAO y la UNESCO con los siguientes objetivos:

- a) Realizar una correlación de unidades de suelo a nivel mundial.
- b) Obtener un inventario del recurso suelo de todo el mundo a través de un conjunto de mapas de suelo con una leyenda común, y
- c) Proporcionar una herramienta útil para transferir fácilmente conocimientos sobre el suelo y manejo de las tierras.

En este proyecto intervinieron pedólogos de varios países y dio por resultado la clasificación de suelos conocida como el Sistema FAO/UNESCO (Ortiz, 1990)

Krasilnikov y García (2005) mencionan que la clasificación de suelos en México se desarrolló en forma importante a partir de la creación de la CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional) en 1968, después DEGETENAL (Dirección General de Estudios del Territorio Nacional) y actualmente INEGI (Dirección General de Geografía e Informática), en la cual se inician los estudios edafológicos del país usando las Unidades y Subunidades de suelos de la Leyenda FAO/UNESCO (1968), con modificaciones que sistemáticamente se realizaron durante 1968-1969 y publicadas en 1970.

Krasilnikov y García (2005) mencionan que en el año de 1975, México adoptó la clasificación internacional (en la variante de la leyenda de FAO del año 1970) como básica para descripción y cartografía de los suelos.

La clasificación internacional de los suelos, de acuerdo al sistema FAO/UNESCO/ISRIC de 1988, divide a los suelos en unidades o categorías de acuerdo a ciertas características generales, como su morfología y composición, con énfasis en las propiedades que se pueden ver, sentir o medir; por ejemplo, la profundidad, el color, la textura, la estructura y la composición química; así como las características de los horizontes, junto con el grosor, número y naturaleza de las capas, entre otros factores (Semarnat 2004<sup>a</sup> citado por INE, 2005).

Existen numerosas e importantes variaciones que conducen a la existencia de distintos grupos de suelos. En este sentido, la Clave de Clasificación adoptada por la FAO-UNESCO llega a establecer la existencia de nada menos que 26 unidades y 103 subunidades de suelos (UNESUR, 2004)

### **Taxonomía Americana**

La Soil Taxonomy es una clasificación de suelos de la escuela norteamericana, que surge en el año de 1959, cuando se presentó la llamada 7ma. Aproximación Norteamericana de clasificación de suelos (Hernández, Ascanio, Morales y Cabrera, 2005).

La clasificación del USDA (United States Department of Agriculture) reconoce varios órdenes de suelos, cuyos nombres se forman anteponiendo una partícula descriptiva a la terminación **-sol** (Mejía, 1985)

La clasificación de suelos Americana considera que los suelos de climas áridos y semiáridos que no tienen agua por periodos largos, repercuten directamente en los procesos pedogenéticos formadores de suelos como también en las altas concentraciones de sales.

Buol (1981) al igual que la clasificación Americana menciona que la escasa aportación de agua disminuye la velocidad de formación de los suelos.

Los suelos son clasificados de acuerdo con su estructura y composición en órdenes, subórdenes, grandes grupos, subgrupos, familias y series. Se ha visto que las características del suelo varían enormemente de un lugar a otro; los científicos han reconocido estas variaciones en los diferentes lugares y han establecido distintos sistemas de clasificación (Mejía, 1985).

### **Suelos Antrópicos**

Horizonte antrópico (del griego *antropos* que significa hombre). Es un horizonte tipo mólico, que tiene un contenido muy elevado de fosfato como resultados del cultivo y fertilización por largo tiempo (Foth, 1986).

Horizonte plaggen: del alemán *plaggen* que significa césped. Muy grueso de mas de 50cm, producido por la abonadura prolongada de estiércol (Foth, 1986).

Andrade y Botero (1984) han considerado más correcto y práctico el identificar el epipedón como “plageno” antes que como antrópico.

La presencia de este tipo de epipedón ha sido reportada en vastos sectores de Europa, de los USA y de América del sur y se atribuye a la adición continúa de huesos, restos de pescado, conchas, restos vegetales, etc. en las inmediaciones de antiguas viviendas y patios de cocina (Kitchen Middens). En Norteamérica son de común ocurrencia en las terrazas de los ríos principales al sur de Maryland (S:S: Staff, 1975)

## **Beneficios al aplicar Materiales Orgánicos**

La abonadura verde es la práctica de incorporar al suelo tejido vegetal verde sin descomponer, por ejemplo de algunos cultivos de crecimiento rápido.

Esta aplicación provoca una serie de efectos favorables y puede ayudar considerablemente a conservar o aumentar la productividad de un suelo, así como participar como cultivo de cobertera evitando así la erosión del suelo ya sea hídrico o eólico. La incorporación de un abono verde al suelo no solamente incorpora carbono orgánico, sino también nitrógeno (Buckman, 1977).

El estiércol es uno de los residuos agrícolas mas importantes pues su uso permite devolver al suelo la parte no utilizada de una cosecha, ejerciendo luego en él una influencia mayor que la que se esperaría de acuerdo a su contenido de sustancias nutritivas.

Los dos componentes originales del estiércol el sólido y el líquido se encuentran aproximadamente en una relación de 3:1. El estiércol sólido contiene como promedio un poco mas de la mitad del nitrógeno, casi todo el ácido fosfórico y aproximadamente dos quintos de la potasa de los excrementos (Buckman, 1977).

Los rastrojos sobre el suelo constituyen una de las claves de la siembra directa, por reducir la erosión, lo cual de por sí constituiría un motivo suficiente para recomendar la difusión del sistema, y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Rivero, E., 1999) citado por Russo.

Los abonos verdes son cultivos con el propósito de enterrarlos para proveer de materia orgánica. La gradual descomposición de la materia orgánica provee de nutrientes; mejora la textura del suelo; evita la pérdida por lavado, y retiene el agua (Black y Mendiola, 2006).

## **Materia orgánica**

La materia orgánica favorece la agregación de los suelos sueltos (arenosos), y la dispersión de los suelos muy compactos (arcillosos); manteniéndose en esa forma condiciones favorables de aireación y permeabilidad (SARH, 1982).

Los espacios vacíos que se forman en la interfase entre las partículas orgánicas y minerales pueden contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial (SARH, 1982).

La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles (Buckman, 1977).

La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, es posible que a través de favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos. Es posible que la formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación contribuyan a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles (SARH, 1982).

Bear (1964) citado por SARH (1982) describió que la materia orgánica fresca tiene una función especial en los suelos ácidos, que es la de liberar más rápidamente el fósforo aprovechable.



Papadakis (1980) menciona que la materia orgánica estabiliza mucho la estructura del suelo; pequeñas diferencias en el porcentaje de materia orgánica, provocados por el manejo, tienen gran influencia sobre la estabilidad de los agregados. También depende de la calidad de la materia orgánica; la que proviene de gramíneas es más eficiente en estabilizar los agregados. Al igual menciona que los suelos muy pobres en arcillas y materia orgánica no tienen estructura.

Papadakis (1980) los residuos de leguminosas, crucíferas, etc., con relación C/N amplia se descomponen más rápidamente que residuos de gramíneas con relación C/N amplia.

Papadakis (1980) cita que las temperaturas altas favorecen la descomposición de la materia orgánica, aún cuando la humedad es escasa; lo que importa naturalmente son las temperaturas del suelo. Las temperaturas máximas de un suelo cubierto de vegetación, son más bajas que las de un suelo desnudo.

Tamhane (1996) describe que la materia orgánica ayuda a compensar los suelos contra los cambios químicos rápidos en el pH.

Los ácidos orgánicos liberados de la descomposición de la materia orgánica ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos (SARH, 1982).

Labrador (1996) menciona que la materia orgánica aumenta la capacidad de intercambio catiónico.

Labrador (1996) describe que la materia orgánica estimula la actividad biológica; es fuente de energía para microorganismos heterótrofos.

En la descomposición de la materia orgánica se producen ácidos orgánicos y CO<sub>2</sub>, los cuales actúan como agentes disolventes, y de esta forma muchos minerales del suelo se transforman en formas más asimilables para las plantas (SARH, 1982).

La melanización es el proceso responsable de la coloración oscura, más o menos negra, que adquieren los horizontes A de los suelos. Es el resultado de la impregnación de los restos orgánico en la masa del suelo (Dorronsoro, 2007).

La materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agropecuaria. Los suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas (Black y Mendiola, 2006).

### **Densidad aparente**

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de ciertas importantes características del suelo, a saber: porosidad, grado de aireación, compactación y capacidad de infiltración (Ibarra, 2005).

Porter y Mc Mahon (1987) concuerdan con Cassel (1980) en que la densidad aparente interactúa con la consistencia del suelo, la estructura y el contenido de humedad, cada una de las cuales afecta el crecimiento de las plantas. Valores de densidad óptima no han sido establecida para muchos suelos, aunque hay evidencias que sugieren que las bajas densidades pueden favorecer el secado rápido del suelo y estrés de las plantas, mientras que valores altos causan pobre aireación y condiciones de alta resistencia.

La densidad aparente y su relación con la porosidad afecta el crecimiento radical y emergencia de las plántulas (Soane y Pidgeon, 1974; Chaudhary *et al.*, 1985).

En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados con buen drenaje y buena penetración de raíces, todo lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de los árboles. (Donoso 1992) citado por Ibarra (2005).

Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene mala aireación, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamiento, y que las raíces tienen dificultades para elongarse y penetrar hasta donde encuentren agua y nutrientes. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de los árboles es impedido o retardado consistentemente. (Donoso, 1992) citado por Ibarra (2005).

Brady (1974) cita que suelos arenosos poseen una densidad del suelo de 1,20 a 1,80 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 35 a 50%, mientras que suelos arcillosos poseen una densidad de 1,00 a 1,60 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 40 a 60%.

Archer y Smith (1972) definieron los valores de la densidad del suelo, según estos autores, las densidades del suelo oscilan alrededor de 1,75 g/cm<sup>3</sup> para suelos de textura arena franca, 1,50 g/cm<sup>3</sup> para suelos franco arenosos, 1,40 g/cm<sup>3</sup> para suelos franco limosos y 1,20 g/cm<sup>3</sup> para franco arcillosos.

### **Conductividad Eléctrica**

El origen primario de todas las sales solubles es la meteorización de los materiales de las rocas. Las sales son combinaciones de cationes principalmente de Ca, Na, Mg y K; con aniones principalmente cloruros, sulfatos, bicarbonatos y a veces carbonatos y nitratos (Christiansen y Grassi, 1975) citados por Baca (1993)

Las concentraciones de sales en el suelo se pueden incrementar por la adición de estiércol de bovino y no por los residuos de cosecha, el efecto del

estiércol depende de su mineralización y la cantidad incorporada al suelo, con dosis y espaciamientos adecuados, las aportaciones de sales no se observan al primer año de aplicación (Pratt, 1982) citado por Covarrubias (1987)

Peña (1981) citado por Baca (1993) menciona los diferentes efectos causados por altos contenidos de sales en el suelo como sigue:

- a. Modifican el estado de agregación de las partículas dando lugar a cambios en la estructura y consecuentemente se altera la aireación y retención de humedad.
- b. Aumenta el esfuerzo de humedad del suelo.
- c. En presencia del Na, los suelos se defloculan reduciendo la aireación, la infiltración y la conductividad hidráulica a límites desfavorables para las plantas.
- d. En otros casos pueden poner en solución a elementos tóxicos para los cultivos.

Las sales muy solubles son las más perjudiciales para el suelo, debido a que forman soluciones salinas concentradas, mientras que las poco solubles precipitan antes de alcanzar un límite peligroso. Los cloruros y los sulfatos de sodio y magnesio son las sales que ocasionan mayores problemas debido a su alta solubilidad (Babelis y Liotta, 2005).

### **Capacidad de Intercambio Cationico.**

Dorronsoró (2004) menciona que los suelos difieren en su capacidad de retener cationes intercambiables. La CIC depende de la cantidad y tipo de arcillas y del contenido de materia orgánica presentes en el suelo. Un suelo que tiene alto contenido de arcillas puede retener más cationes intercambiables que un suelo con bajo contenido de arcillas. La CIC se incrementa también a medida que la materia orgánica se incrementa. Mientras mayor sea la CIC más cationes puede retener el suelo.

Importancia de CIC

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>, entre otros.

- Interviene en los procesos de floculación - dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados.

### **Potencial de hidrógeno**

El pH afecta a la actividad microbiana necesaria para provocar la transformación de ciertos elementos y así como de la materia orgánica, que se liberan en formas no asimilables y han de sufrir una transformación química que permita su fácil absorción (Fassbender, 1975).

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 (USDA, 1966).

### **Carbonatos**

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. También 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.

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 (Dorronsoro, 2004).

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 (Dorronsoro, 2004).

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 (Dorronsoro, 2004).

## **Labranza**

Giasson (1997) describe que la labranza del suelo es hecha con el propósito de alterar sus propiedades físicas y posibilitar a las plantas la expresión de todo su potencial. Las técnicas de labranza del suelo son utilizadas a fin de proporcionar una buena sementera y desarrollo de raíces, controlar malas hierbas, manejar los residuos de los cultivos, reducir la erosión, nivelar la superficie para el plantío, riego, drenaje, trabajos culturales y operaciones de cosecha e incorporar fertilizantes o pesticidas.

La labranza es una práctica que afecta la calidad de un suelo, disminuye el contenido de materia orgánica, afecta a los nutrientes requeridos por los cultivos, favorece la erosión y disminuye la productividad (Monreal *et al.*, 1997) citado por Russo.

Marcano, Ohep y Francisco (1987) mencionan que las operaciones de labranza ligeramente decrecen la densidad aparente del suelo y a todas las profundidades de trabajo. Los efectos producidos por la labranza sobre la densidad aparente y la porosidad de aireación, no son permanentes y los mismos tienden a producir problemas de compactación en profundidad, lo cual se refleja con mayor intensidad con Rastra pesada (Rp) y Rastra sola (Rs), que con Rastra de vertedera (Rv).

Papadakis (1980) el laboreo divide al suelo en bloques más o menos grandes y crea grandes vacíos entre estos bloques; y uno podría creer que así aumenta la porosidad, pero el suelo al interior de cada uno de estos bloques ésta compactado y por lo tanto menos poroso.

Papadakis (1980) el laboreo frecuente y más especialmente el barbecho desnudo bajan el contenido de materia orgánica del suelo aproximadamente a la mitad del suelo virgen.

Papadakis (1980) con la labranza se elimina el mulch (horizonte Ao) que protege el suelo contra la insolación.

Según Giasson (1997) las modificaciones de las propiedades físicas del suelo a causa de los sistemas de labranza pueden dar origen a una elevación de la densidad del suelo, una mayor resistencia a la penetración de las raíces y a una disminución en la porosidad, caracterizándose por una capa compactada abajo de la capa arada.

Papadakis (1980) la labranza mezcla los horizontes superiores e impide la formación a la superficie del suelo de una "piel" rica en materia orgánica y nutrientes, más especialmente fósforo que constituye una protección contra la compactación, facilita la absorción de la lluvia y constituye una excelente "cama" para la germinación de las semillas.

Según Cabeda (1984) citado por Giasson (1997) una labranza excesiva y/o labranza con humedad inadecuada provoca la pérdida de la materia orgánica del suelo: el manejo inadecuado lleva a una reducción del contenido de materia orgánica del suelo, teniendo como consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura.

Giasson (1997) menciona que la labranza del suelo puede, inicialmente, mejorar la infiltración y, algunas veces, beneficiar el drenaje. Pero, con el tiempo, la labranza favorece la degradación de la estructura y la reducción de la tasa de infiltración.



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **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).

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.

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 extremosas; por lo que recibe la clasificación BS<sub>0</sub> K (X') (e) según la clasificación de Koopen modificado por García (1975).

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

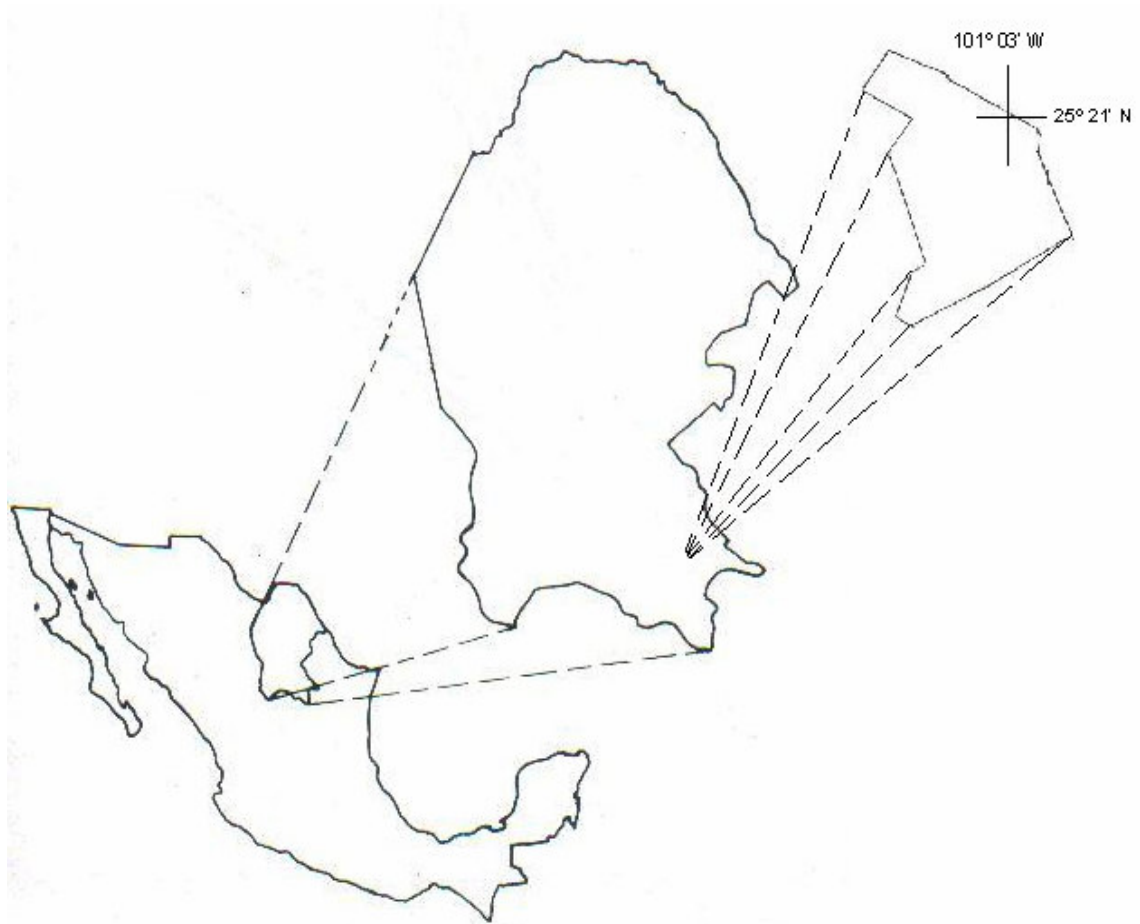


Figura 1. Localización del área de estudio.

El siguiente trabajo se ha estado desarrollando desde el año de 1985 a partir de un estudio agrológico del suelo.

Este estudio fue realizado en campo a partir de un manejo integral que incluyó: prácticas de conservación de suelos y el análisis de suelos.

Las prácticas se realizaron desde 1985–2006 las cuales se describen en la tabla siguiente:

Tabla 2. Prácticas utilizadas en las terrazas para la formación de suelos Antrópicos.

LABORES MECÁNICAS	PRÁCTICAS VEGETATIVAS
Subsoleo	Estercoladura
Rastra	Abonos verdes
Despiedre	Reforestación
	Establecimiento de pastos

### **Muestreo de Suelos**

Para conocer la evolución del suelo se muestreó la zona de estudio durante 11 años en diferentes periodos y se analizaron las muestras en el laboratorio.

El método utilizado fue en zig zag, se muestreó con pala a una profundidad de 0–30 cm por sitio, obteniendo una muestra representativa de cada una de las 10 terrazas de aproximadamente 2 kg.

De igual manera este suelo se homogeneizó para obtener una muestra compuesta para su análisis.

La muestra se cribó con un tamiz de 2mm de diámetro, para posteriormente ser analizados en el laboratorio.

Los análisis fueron realizados en los laboratorios de Pedología, Servicios y Vinculación y de Fertilidad, del Departamento Ciencias del Suelo.

Las determinaciones físicas y químicas realizadas con sus respectivos métodos se muestran en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Determinaciones Físicas con sus respectivos métodos.

<b>Determinaciones Físicas</b>	<b>Método</b>
Densidad aparente del suelo	Probeta
Densidad aparente del estiércol	Ansorena
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos

Tabla 4. Determinaciones Químicas con sus respectivos métodos.

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

Los materiales utilizados en el campo fueron los siguientes:

Materiales utilizados en el muestreo

- Pala
- Pico
- Criba
- Cubeta
- Etiquetas
- Bolsas de plástico

Aparato usado en la localización del sitio

- GPS modelo Garmín 12

Las variables utilizadas para la presente investigación son las analizadas en el laboratorio, así como, los años durante los cuales se recabó los resultados de los análisis del área de estudio.

### **Descripción del Perfil**

Se identificó la terraza en la cual se llevaría a cabo la descripción del perfil.

Se procedió a realizar la calicata orientada correctamente y lo más profunda posible logrando una dimensión de 35 cm de profundidad, 80 cm de ancho aproximadamente y 1.5 m de largo.

Posteriormente se limpió el perfil con la espátula y con esta misma se separaron los horizontes presentes en el perfil.

Una vez identificados se midió el espesor y se dio su nomenclatura de cada uno de los horizontes encontrados.

Iniciando de abajo hacia arriba se tomaron las muestras de los horizontes para realizar su caracterización física, química, biológica, mineralógica y pedológica.

### **Material de campo**

- Pala
- Pico
- Espátula
- Cinta métrica
- Tablas Munsell
- Agua Oxigenada ( $H_2O_2$ )
- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Hojas de campo
- Lupa
- GPS modelo Garmín 12

Para caracterizar los suelos se realizaron observaciones del perfil, basados en una hoja de campo anexada en el apéndice.

## **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 calcárico 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 <sup>3</sup>	pH	CE mS/cm	CO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> 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 <sub>3</sub>	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



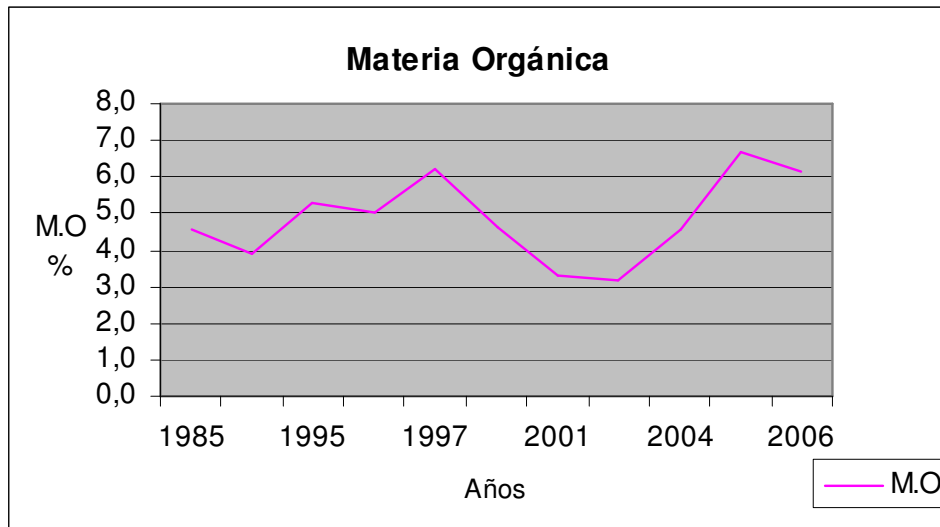


Figura 2. Variación en el porcentaje de la Materia Orgánica durante la formación de un suelo antrópico.

En esta figura se puede observar que la materia orgánica en proceso de descomposición en los primeros años se encontraba en buena cantidad y que en el año de 2001 se presentó un decremento considerable por el manejo del suelo.

En este periodo los aportes de materia orgánica no fueron suficientes, para contrarrestar el paso de los implementos agrícolas.

Posteriormente los aportes favorecieron a aumentar el contenido de materia orgánica presente, induciendo a la humificación de esta.

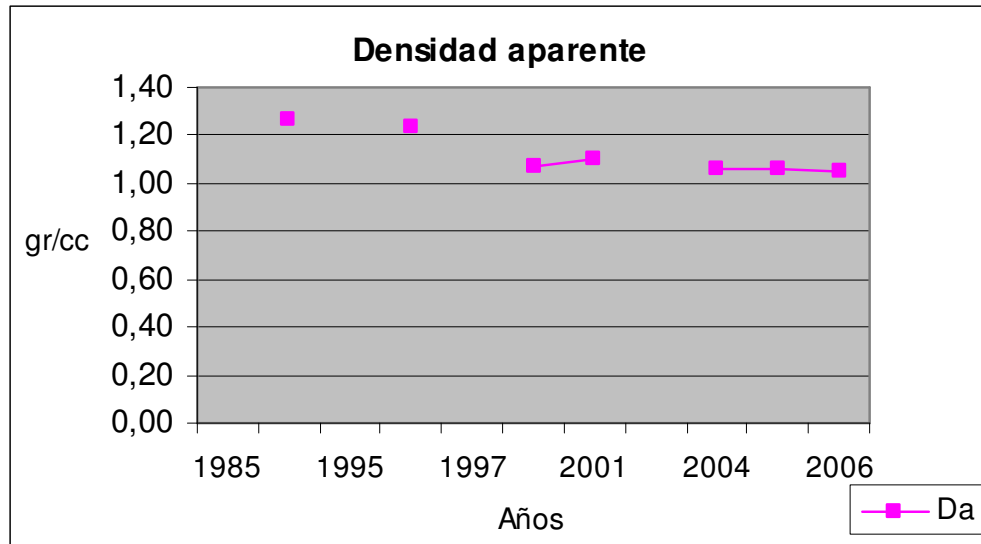


Figura 3. Variación de la Densidad aparente en el suelo.

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.

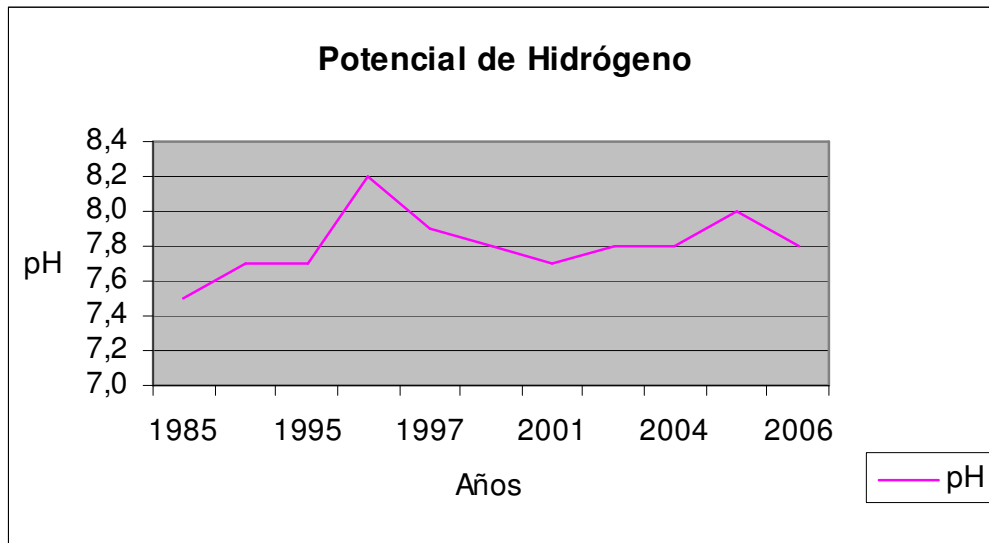


Figura 4. Variación del pH en el suelo en el periodo 1985 – 2006.

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)

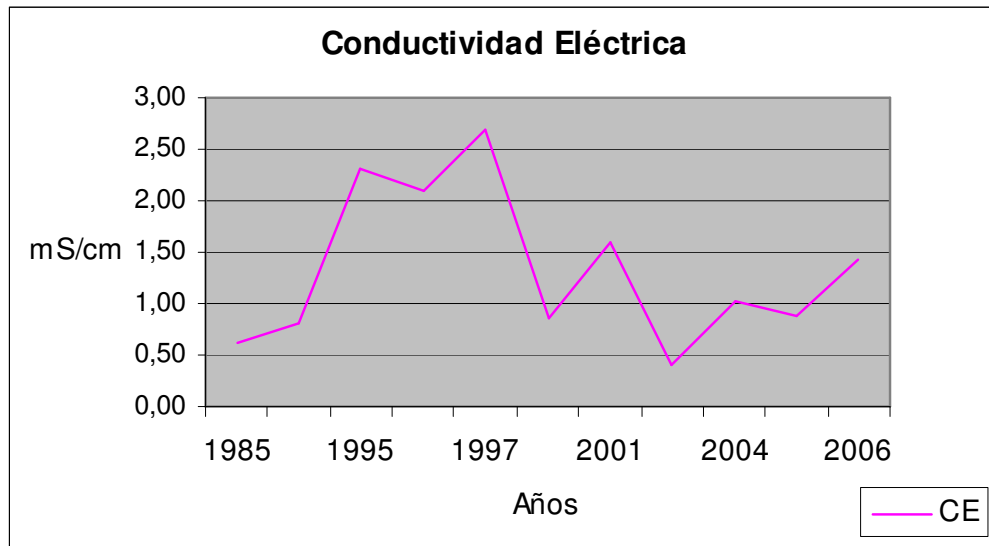


Figura 5. Variación de la Conductividad Eléctrica en el suelo.

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 suelos salinos y sodicos el suelo llego a ser ligeramente salino.

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

Es muy probable que la elevación de este parámetro se deba principalmente a la remoción del caliche abundante del suelo, ya que ha habido constante labor de maquinaria.

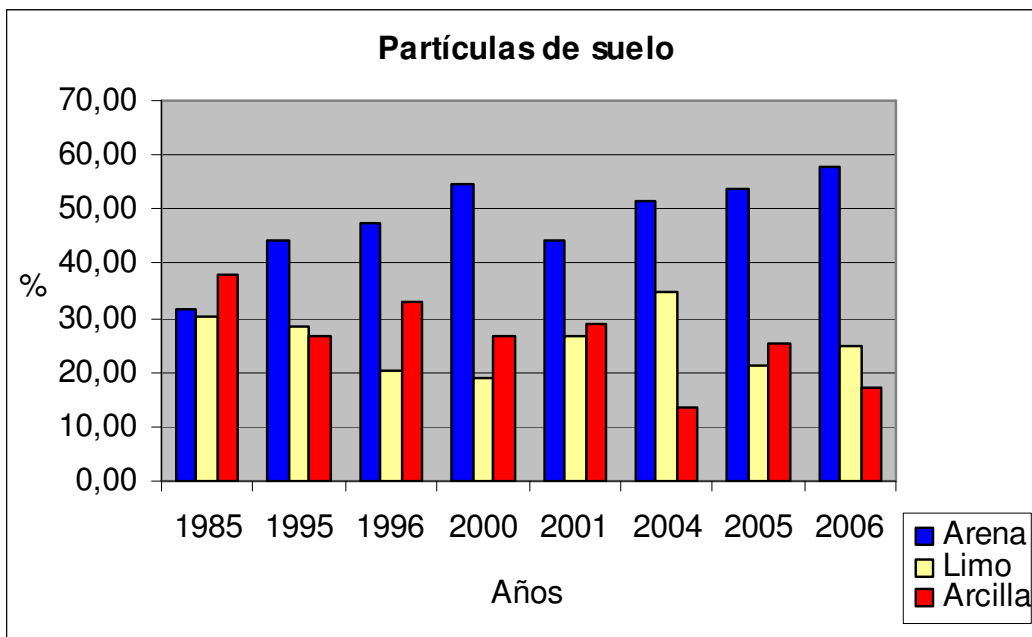


Figura 6. Variación de las partículas de arena, limo y arcilla en el suelo.

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, se 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 cambió 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.

Estado: Coahuila.

Municipio: Saltillo

### **Descripción del Perfil**

Perfil: No. 1

Conjunto: Pleito.

Describieron: María del Rosario Medina Tiznado y 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: Ligeramente Inclinado.

Vegetación natural: *Gramíneas, opuntia, coníferas y agaváceas.*

Cobertura vegetal: Residuos de pastos en toda la superficie y estiércol de bovino.

Uso actual: Rehabilitación.

Clima: BSo K (x') (e)

Precipitación media anual: 360mm.

Temperatura media anual: 19.05 °C.

Régimen de humedad del suelo: Árido.

Régimen de temperatura del suelo: Térmico

Drenaje natural: Lento.

Evidencia de erosión: No hay.

Material parental: Calizas.

Manto freático: Muy profundo.

Inundación: No hay.

Pedregosidad: 16%

Formaciones especiales: Encostramientos y afloramientos rocosos.

### Descripción del Perfil Modal

Ap 0 – 13 cm	Café en seco (10YR 4/3), café oscuro en húmedo (10YR 3/3); migajón gravilloso, 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 <sub>2</sub> O <sub>2</sub> **; límite de horizonte abrupto; relieve de horizonte plano; profundidad de raíces 20cm.
-----------------	--

### CLASIFICACIÓN

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

Horizonte diagnóstico subsuperficiales: -----

Otras características diagnósticas: Afloramientos rocosos.

Régimen de humedad edáfico: **Árido**

Régimen de temperatura edáfica: 20.05°C (**Térmico**)

ORDEN: **Entisoles**

SUBORDEN: **Orthents**

GRANGRUPO: **Torriorthents**

SUBGRUPO: **Lithic Torriorthents**

Estado: Coahuila.

Municipio: Saltillo

### **Descripción del Perfil**

Perfil: No. 2

Conjunto: Olvido.

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

Fecha de descripción: 9 de Febrero de 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: Ligeramente inclinado.

Vegetación natural: *cupresus arizónico*, *opuntia* y *agaváceas*.

Cobertura vegetal: Residuos de pastos.

Uso actual: Rehabilitación.

Clima: Bso K (x') (e)

Precipitación media anual: 360mm

Temperatura media anual: 19.05°C

Régimen de humedad: Árido.

Régimen de temperatura: Térmico.

Drenaje natural: Moderado.

Evidencia de erosión: No hay.

Material parental: Calizas.

Manto freático: Muy profundo.

Inundación: No hay.



## 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 <sup>3</sup> ; fuerte reacción al HCl ***; fuerte reacción al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ***; límite 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 pegajoso en húmedo; fuerte reacción al HCl ***; reacción al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> **; límite de horizonte abrupto.
C 35 – X	

## CLASIFICACIÓN

Horizonte diagnóstico superficial (epipedón): **Mólico**.

Horizonte diagnóstico subsuperficiales: Cambico

Otras características diagnósticas: -----

Régimen de humedad edáfica: **Árido**

Régimen de temperatura edáfica: 20.05°C (Térmico)

ORDEN: **Inceptisol**

SUBORDEN: **Ochrepts**

GRANGRUPO: **Eutrochrepts**

SUBGRUPO: **Arenic Eutrochrepts**

Estado: Coahuila.

Municipio: Saltillo

### **Descripción del Perfil**

Perfil: No. 3

Conjunto: Raíz.

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: Ligeramente inclinado

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

Cobertura vegetal: Residuos de pastos.

Uso actual: Rehabilitación.

Clima: Bso K (x') (e)

Precipitación media anual: 360mm.

Temperatura media anual: 19.05 °C

Régimen de humedad: Árido

Régimen de temperatura: Térmico.

Drenaje natural: Moderado.

Evidencia de erosión: No hay.

Material parental: Calizas.

Manto freático: Muy profundo.

Inundación: No hay.

### Descripción del Perfil Modal

Ap 0 – 29 cm	Café en seco (10YR 5/4), café amarillento oscuro en húmedo (10YR 3/4); migajón; estructura migajosa; muy friable en seco y friable en húmedo, ligeramente plástico; pH 7.8; %SB > 50%; fuerte reacción al HCl ***; reacción al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> **; límite de horizonte abrupto; profundidad de raíces 29cm.
C 29 cm -- X	

### CLASIFICACIÓN

ORDEN: **Entisol**

SUBORDEN: **Arents**

GRANGRUPO: No hay grandes grupos

SUBGRUPO:

## ***DISCUSIÓN***

La posición geográfica de los suelos y el clima nos determinan que los suelos son jóvenes, están en proceso de formación.

De acuerdo a la ubicación de los suelos existe poca precipitación (<400mm) y una elevada evapotranspiración (mayor a la precipitación). Lo anterior hace que exista poca humedad y por lo tanto muchos procesos de formación del suelo no se realizan con velocidad, como la lixiviación, la mecanización, la humificación, etc.

Tal es el caso del intemperismo químico y biológico, esto hace que la maduración de los suelos sea más lenta.

El suelo en estudio presenta horizontes mólicos, debido a la constante incorporación de materiales orgánicos en forma de estiércol de vaca, residuos de cosechas u abonos verdes; pues estas prácticas vegetativas favorecieron a que los suelos evolucionen de horizontes ócricos a mólicos.

De acuerdo a los análisis realizados y a las características observadas en campo, los suelos presentan poco grado de desarrollo. Por lo que los suelos se clasifican en el orden de los Entisoles ya que estos son los suelos más jóvenes pues solo tienen un epipedón A, característica principal de este orden.

En algunas áreas de la zona de estudio se encuentran horizontes de cambio lo que indica que los suelos están evolucionando de Entisoles a Inceptisoles.

En la zona de estudio aún no se encuentran Molisoles ya que para que un suelo pertenezca a este orden debe tener estrictamente un epipedón mólico y cumplir con todos los requisitos para ser de este orden.

Aunque los suelos de esta área presentan epipedones mólicos con todas las características no son Molisoles típicos ya que estos requieren más tiempo en su formación.

El hombre ha contribuido a que estos suelos evolucionen rápidamente de ócricos a mólicos.

Se ha reportado que los continuos aportes de materiales orgánicos ayudan a cambiar de un epipedón ócrico a un antrópico o plágeno (SARH, 1982).

Aún con la incorporación de los materiales orgánicos y el continuo manejo por el hombre, el suelo no es Plágeno ya que el espesor del horizonte A es muy delgado y para serlo requiere un espesor mayor de 50cm.

También el suelo del área de estudio no se puede clasificar como Antrópico ya que para serlo debe tener un contenido de 250ppm de  $P_2O_5$ ; los suelos del área de estudio solo tienen:

Perfil 1	61.60 ppm
Perfil 2	62.28 ppm
Perfil 3	22.21 ppm

Los tres perfiles presentan epipedón mólico, pero solo uno presentaba un horizonte de cambio, por lo que se clasificó como Inceptisol ya que este orden ocasionalmente puede tener un epipedón mólico, como en este caso.

El color oscuro del suelo en estudio es resultado de la melanización; debido al proceso de descomposición de la materia orgánica; el color oscuro nos indica que el contenido de materia orgánica en ese suelo es bueno.

## **CONCLUSIONES**

La aplicación de estiércol en volúmenes considerables favorece algunas de las propiedades físicas del suelo y acelera su evolución.

Los resultados más importantes correspondieron a la disminución de la densidad aparente, debido a la incorporación de la materia orgánica.

Referente a la conductividad eléctrica se concluye que los resultados obtenidos concuerdan con Pratt (1982) quien menciona que las sales del suelo pueden incrementarse por la adición de estiércol bovino y a la vez menciona que estos incrementos no se observan al primer año de aplicación.

El departamento de agricultura de U.S.A (1996) describen que el pH es afectado por el material parental, naturaleza química de la lluvia, prácticas de manejo y las actividades de los microorganismos. De acuerdo con las características anteriormente mencionadas los suelos de la zona de estudio son generalmente alcalinos y con la adición de los materiales orgánicos favorecieron para disminuir y de cierta manera mantener un poco estable el pH.

No se logró obtener resultados específicos sobre la adición de materiales orgánicos en la textura del suelo, debido al uso de implementos agrícolas; lo que provocó los altos porcentajes de pedregosidad con tamaños variables.

De acuerdo a los análisis realizados y a las características morfológicas observadas se concluye que los suelos del área de estudio presentan poco grado de desarrollo en la textura.

Estas propiedades físicas muestran claramente que los aportes de materiales orgánicos y las prácticas de manejo sí favorecieron a mejorar estas características.

## **LITERATURA CITADA**

1. Ansorena, M. J. 1994. *Sustratos Propiedades y Caracterización*. Barcelona. Ediciones Mundi Prensa. España.
2. Archer, J.R. y Smith, P.D. 1972. The relation between bulk density, available water capacity and air capacity of soil. *Journal of Soil Science*, London, **23**:475-80.
3. Baca Adriano, J. F. 1993. Tesis. Comportamiento del trigo (*Triticum aestivum*) en respuesta a un suelo salino establecido en el simulador de drenaje. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
4. Baver, L. D, Gardner, W. H, Gardner, W.R. 1972. *Física de suelos*. Editado por Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana de México, D.F. 4ª edición.
5. Brady, N.C. 1974. *Nature and Properties of Soils*. 8th. ed. New York, McMillan. p 639.
6. Buckman, H. O y Brady, N. C. T. 1977. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Editorial Montaner y Simon, S. A. Barcelona.
7. Buol, S. W, Hole F. D, Y Mc Cracken. 2004. *Génesis y Clasificación de Suelos*. Editorial Trillas, México. 4ª reimpresión.
8. Cabeda, M.S.V. 1984. *Degradação física e erosão*. En: *I Simpósio de manejo do solo e plantio direto no sul do Brasil e III Simpósio de conservação de solos do planalto*. Passo Fundo, RS, 1983. Anais.
9. Cárdenas, C. R. S/F. *Poligonal de la UAAAN*. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

10. 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.
11. CETENAL. 1974. Carta Topográfica.
12. CETENAL. 1977. Carta Edafológica.
13. CETENAL. 1976. Carta Geológica.
14. 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.
15. Comisión Nacional del Agua. 1990. Claves para la taxonomía de suelos. Por Equipo de Levantamiento de Suelos, Servicio de Conservación de Suelos y el Departamento de Agricultura de EUA. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
16. Covarrubias, R. J. M. 1989. Tesis de Maestría. Eficiencia en el uso de agua en el cultivo de Trigo (*Triticum aestivum*) con residuos orgánicos. Programa de Graduados. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
17. Fassbender, H. W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. I.I.C.A. Turrialba.
18. Fitz Patrick, E. A. 1996. Introducción a la Ciencia del Suelo. Editorial Trillas, México.
19. Labrador, M. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ediciones Mundi Prensa.



20. Mejía, L. C. 1985. Generalidades sobre los principios Básicos y Estructura del Sistema Taxonómico del USDA. Bogotá, D.E.
21. Narro, F. E. A. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas, México.
22. Ortiz, V. B, y Ortiz S. C. A. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. Imprenta universitaria Chapingo, 7ª edición.
23. 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.
24. Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa.
25. Porter, M. A. y T. A. Mc Mahon. 1987. Simulation of change in bulk density of the cultivated layer in a swelling clay.
26. SARH, 1982. La materia orgánica en el suelo. INIA, CIAPAC. Impreso en el taller de difusión técnica del campo agrícola experimental "costa de Jalisco".
27. Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. A basic System of Soil Classification for making and interpreting Soil Surveys. Soil Conservation Service, USDA, Agriculture Handbook, Washington, D. C. p 436.
28. Sposito, G. 1989. The chemistry of soils. Oxford Univ. Press. New York. p 277.
29. SPP, 1983. Síntesis Geográfica de Coahuila. Dirección general de geografía. México, DF. pp 3-11.

30. Tamhane, R. V. 1996. Suelos: su química y su fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana, México.
31. Torres, R. E. 1979. Manual de conservación de suelos agrícolas. UAAAN. México.
32. United States Department of Agriculture. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0. Washington DC, USA, p 693.
33. Weyman, D. y Weyman, V. 1977. Landscape Processes. George Allen & Unwin. Londres. p 95.

#### **FUENTES DE INTERNET**

1. Babelis, G. y Liotta, M. 2005. Recuperación de suelos salinos. Artículo de divulgación.  
<http://www.inta.gov.ar/sanjuan/recuperacion%20suelos%20salinos.doc>
2. Barahona, F. E. 2006. Cartografía de suelos. Lección 1 Clasificación de suelos. Universidad de Granada. España.  
<http://edafologia.ugr.es/cart0/tema01/soilclas.htm>
3. Black, A. y Mendiola, C. 2006. Enciclopedia Virtual: Ecología del Perú.  
[http://www.peruecologico.com.pe/lib\\_c18\\_t01.htm](http://www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t01.htm)
4. Casanova, M. P. 2003. Formación de suelos. Apuntes N° 3. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.  
[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_agronomicas/c2003331147renares3.pdf](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/c2003331147renares3.pdf)

5. Dorronsoro, F. C. 2004. Edafología: Concepto y afines. Formación del suelo. Procesos y factores formadores. El perfil del suelo. Dpto. Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España.  
<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/factform.htm>
6. Dorronsoro, F. C. 2004. Introducción a la Edafología. Tema Nº 5 Capacidad de Cambio Cationes. Universidad de Granada, España.  
<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema05/ccc.htm#anchor282513>
7. Dorronsoro, F. C. 2004. Factores de formación de carbonatos en el suelo. Dpto. Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada, España.  
<http://www.edafologia.net/carbonat/facform.htm>
8. Dorronsoro, F. C. 2007. El suelo: concepto y formación, lección 1. Procesos específicos de alteración. Universidad de Granada, España.  
<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/procesp.htm>
9. Echarrí, P. L. 1998. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Libro electrónico.  
<http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/110Suelo.htm>
10. Facultad de ciencias. 2005. Universidad de Extremadura, actualizada en Mayo 18 del mismo año.  
<http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL7RelAmbSuelo.htm>
11. Giasson, E. 1997. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO No. 8. Derivado del curso Métodos Eficaces de Labranza Conservacionista, del 21 de Abril al 1º de Mayo de 1997 en el IITA. Ibadan, Nigeria.  
[http://www.fao.org/ag/ags/AGSe/agse\\_s/7mo/iita/iita.htm](http://www.fao.org/ag/ags/AGSe/agse_s/7mo/iita/iita.htm)

12. Hernández, J. A., Arcanio, G. M. O., Morales D. M, y Cabrera R. A. 2005. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: Una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, Cuba.  
<http://rutas.ucf.edu.cu/Sostenibilidad%20de%20los%20agroecosistemas/correlacion.pdf>
  
13. Ibarra, A. 2005. Araucaria, página de blog temas en equipo.  
<http://araucarias.blogspot.com/2005/09/densidad-aparente.html>
  
14. Instituto Nacional de Ecología. 2005. El Suelo. 1.1 Composición y Propiedades del suelo. 1.2 Tipos de Suelos y su Distribución en México. Delegación Coyoacán México. D.F.  
<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/459/cap1.html>
  
15. Jaramillo. J. D. F. Los suelos derivados de los piroclastos de la secuencia “el cedral” en el altiplano de San Félix, Departamento de Caldas: aspectos taxonómicos.  
[http://www.unalmed.edu.co/~geosuelo/Taxon\\_andisoles.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~geosuelo/Taxon_andisoles.pdf)
  
16. Krasilnikov, P. y García, C. N. E. 2005. El Uso de la WRB para la Cartografía de los Suelos en México. UNAM. Presentación en Power Point.  
[http://mapserver.inegi.gob.mx/webdocs/cng2005PP/k2/1/18/02-USO%20DEL%20WRB-PAVEL.PPT#256,1,El uso de la WRB para la cartografía de los suelos en México](http://mapserver.inegi.gob.mx/webdocs/cng2005PP/k2/1/18/02-USO%20DEL%20WRB-PAVEL.PPT#256,1,El%20uso%20de%20la%20WRB%20para%20la%20cartografia%20de%20los%20suelos%20en%20Mexico)
  
17. Marcano, F., Ohep, C. y Francisco, D. 1987. Efectos de la labranza sobre algunas variables físicas en un suelo Oxic Haplustalfs del Yaracuy, medio sembrado con maíz (*Zea mays* L.) Departamento de Suelos, Decanato de Agronomía, UCLA.  
<http://www.redpav-fpolar.info.ve/venesuel/v011/v011a010.html>

18. Russo, E. S. Modelo Aplicable en Agroecosistemas Sustentables. Boletín de Dinámica de Sistemas. República de Argentina.  
<http://www.upcnet.es/~jmg2/sistemas/1204k.htm>
19. Soil Survey Staff. (SCS. USDA). "Keys to Soil Taxonomy" 8th Ed. Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia (USA), 1999. p 603.  
<http://www.unex.es/edafo/FAO/BMRAntrosoles.htm> Actualizada 7/11/04
20. UNESUR. 2004. El suelo. Monografías, cátedra: factores naturales de la Producción agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "DR. Jesús María SEMPRÚM", Venezuela.  
<http://www.monografias.com/trabajos15/suelo-erosion/suelo-erosion.shtml>
21. Walter, L. L. 2005. Clasificación de suelos. Capítulo X. Departamento de Ingeniería y Suelos. Universidad de Chile.  
[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_agronomicas/miscelaneasa\\_gronomicas38/C10.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/miscelaneasa_gronomicas38/C10.html)

# APÉNDICE

## Resultados de los análisis de Laboratorio

(Útiles para la clasificación del suelo)

### % de Materia Orgánica

Perfil 1	12.09%
Perfil 2	12.09%
Perfil 3	4.12%

### % de Carbono Orgánico

Perfil 1	7.03% horizonte Ap 2.39% horizonte Bw
Perfil 2	7.02%
Perfil 3	4.39%

### pmm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Perfil 1	61.60ppm
Perfil 2	62.28ppm
Perfil 3	22.21ppm

La SARH en 1982 ya menciona el efecto que conlleva el aplicar materiales orgánicos a los suelos.

Algunas acciones antrópicas y sus efectos sobre los suelos.

ACCIONES	EFFECTOS
Estercolado continuado a lo largo de muchos años	Mejora del suelo: estructura, características químicas, fertilidad. Paso de un epipedón ócrico a un antrópico o a un plágeno

### HOJA DE CAMPO PARA DESCRIBIR PERFILES

ESTUDIO \_\_\_\_\_ DIA \_\_\_\_\_ MES \_\_\_\_\_ AÑO \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACIÓN \_\_\_\_\_  
 UNIDAD CLIMATICA \_\_\_\_\_ SIMBOLO CARTOGRAFICO \_\_\_\_\_  
 SUB PAISAJE \_\_\_\_\_ PAISAJE FISIOGRAFICO \_\_\_\_\_  
 ALTITUD \_\_\_\_\_ POSICIÓN EN EL PAISAJE \_\_\_\_\_  
 PMA \_\_\_\_\_ ESTADO \_\_\_\_\_ MUNICIPIO \_\_\_\_\_  
 TMA \_\_\_\_\_ FOTO AÉREA \_\_\_\_\_ AUTOR \_\_\_\_\_

#### OBSERVACIÓN DEL SITIO

TOPOGRAFÍA: RELIEVE \_\_\_\_\_  
 PENDIENTE \_\_\_\_\_ DRENAJE SUPERFICIAL \_\_\_\_\_  
 MICRORELIEVE \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_  
 PEDREGOSIDAD: CANTIDAD \_\_\_\_\_ EROSIÓN FORMA \_\_\_\_\_  
 SUPERFICIAL: TAMAÑO \_\_\_\_\_ GRADO \_\_\_\_\_  
 NATURALEZA \_\_\_\_\_ EXTENA \_\_\_\_\_ CANTIDAD \_\_\_\_\_  
 VEGETACIÓN NATURAL: TIPO \_\_\_\_\_ FAUNA EXTERNA \_\_\_\_\_ CANTIDAD \_\_\_\_\_  
 GÉNEROS Y ESPECIES \_\_\_\_\_

#### OBSERVACIONES GENERALES DEL PERFIL

MATERIAL PARENTAL \_\_\_\_\_  
 GRADO DE DESARROLLO \_\_\_\_\_ DRENAJE INTERNO \_\_\_\_\_  
 MANTO FREÁTICO: PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_ DRENAJE INTERNO \_\_\_\_\_  
 RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO \_\_\_\_\_  
 INUNDACIÓN \_\_\_\_\_ FRECUENCIA \_\_\_\_\_ DURACIÓN \_\_\_\_\_  
 FORMACIONES ESPECIALES  
 (CONCRECIONES, ESCOSTRAMIENTOS, ETC.) \_\_\_\_\_

#### DESCRIPCIÓN DEL HORIZONTE

Nomenclatura	Textura	Estructura	Color	Consistencia	REACCIONES			
					HCl	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	NaF	pH
0								
5								
10								
15								
20								

EPIPEDÓN \_\_\_\_\_  
 ENDOPEDÓN \_\_\_\_\_  
 OTRAS CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS \_\_\_\_\_  
 FORMACIONES ESPECIALES \_\_\_\_\_ AFLORAMINETOS ROCOSOS \_\_\_\_\_  
 HUMEDAD DEL PERFIL: HÚMEDO \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_ CM \_\_\_\_\_  
 SECO \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_ CM \_\_\_\_\_  
 NIVEL FREÁTICO (CM) \_\_\_\_\_  
 EVIDENCIAS DE SALINIDAD O SODICIDAD \_\_\_\_\_  
 COBERTURA VEGETAL \_\_\_\_\_  
 USO ACTUAL \_\_\_\_\_  
 LIMITACIONES DE USO \_\_\_\_\_  
 USO RECOMENDABLE \_\_\_\_\_  
 CAPACIDAD DE USO \_\_\_\_\_  
 OTRAS OBSERVACIONES \_\_\_\_\_  
**CLASIFICACIÓN DEL SUELO**  
 ORDEN \_\_\_\_\_ SUB GRUPO \_\_\_\_\_  
 SUBORDEN \_\_\_\_\_ FAMILIA \_\_\_\_\_  
 GRAN GRUPO \_\_\_\_\_ CAPACIDAD DE USO \_\_\_\_\_  
 OTRAS \_\_\_\_\_  
 CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS \_\_\_\_\_

CROQUIS DEL PAISAJE