

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



**INTERACCION DE LOS ACIDOS HUMICOS CON FERTILIZANTE ORGANICO E  
INORGANICO EN LA SAL DEL SUELO.**

Por:

ROSA AMELIA DIMAS LINARES

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Titulo de:

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

2Abril 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**

**INTERACCION DE LOS ACIDOS HUMICOS CON FERTILIZANTE ORGANICO E INORGANICO EL LA  
SAL DEL SUELO.**

**Por:**

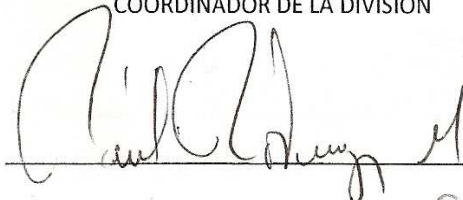
**ROSA AMELIA DIMAS LINARES**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Titulo de:

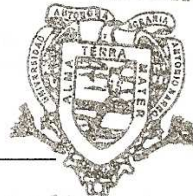
**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN**



**Dr. Raúl Rodríguez García**

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



**Coordinación de  
Ingeniería**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

INTERACCION DE LOS ÁCIDOS HUMICOS CON FERTILIZANTE ORGANICO E INORGANICO EN LA  
SAL DEL SUELO.

Por:

ROSA AMELIA DIMAS LINARES

TESIS

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial para Obtener  
el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por:



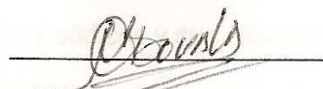
Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza

Asesor Principal



M.C. Ángel Rumualdo Cepeda Dovala

Sinodal



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Sinodal



M.C. Blas A. Ríos Burciaga

Vocal suplente

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril 2009

## INDICE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO.....	i
AGRADESIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	III
INDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	V
I. Introducción.....	1
II. Hipótesis.....	3
III. Objetivos.....	3
IV. Revisión de literatura.....	4
4.1. Definición del suelo. ....	4
4.1.1. Textura del suelo.....	4
4.2. Arcilla.....	5
4.3. Origen de los suelos salinos .....	5
4.4. Salinidad.....	6
4.4.1. Causa naturales .....	6
4.4.2. Causas inotrópicas .....	7
4.5. Salinización de los suelos.....	7
4.5.1. Clasificación de suelos salinos y sódicos y sus características.10	
4.5.1.1. Suelos normales.....	10
4.5.1.2. Suelos salinos.....	10
4.5.1.3. Suelos salinos sódicos.....	11
4.5.1.4. Suelos sódicos.....	11
4.6. Parámetros que intervienen en la salinidad .....	12
4.6.1. Conductividad eléctrica (CE).....	12
4.6.2. Relación entre el potencial Hidrogeno (pH) y disponibilidad de nutrimentos.....	12
4.6.3. Acidificación y descalcificación. ....	12
4.6.4. Efectos de los altos contenidos de sales en suelo.....	13
4.6.5. Efectos de los altos contenidos de sales en planta.....	14

4.7.	Generalidades del Humus.....	14
4.7.1.	Propiedades del Humus.....	14
4.8.	Materia Orgánica del Suelo (MO).....	16
4.9.	Generalidades de las Substancias Húmicas.....	17
4.9.1.	Origen de las Substancias Húmicas.....	18
4.10.	Características Generales de los Ácidos Húmicos.....	19
4.10.1.	Efecto de los Ácidos Húmicos en el Suelo.....	21
4.10.2.	Efecto de los Ácidos Húmicos en la Planta.....	24
4.11.	Fertilización.....	25
4.11.1.	Fertilizantes Nitrogenados. ....	27
4.11.2.	Nitrógeno en Suelo y Agua. ....	28
V.	Materiales y métodos.....	32
5.1.	Materiales.....	32
5.1.1.	Localización del sitio experimental.....	32
5.1.2.	Características del sitio experimental.....	33
5.1.3.	Materiales utilizados.....	34
5.1.3.1.	Suelo.....	34
5.2.	Mejoradores.....	35
5.2.1.	Zeolita.....	35
5.2.2.	Ácidos Húmicos H-85.....	35
5.2.3.	Fertigro N.....	36
5.2.4.	Nitrato de Amonio (NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> ).....	36
5.2.5.	Columnas de suelo.....	36
5.2.6.	Columnas de grava.....	36
5.2.7.	Agua destilada.....	36
5.3.	Métodos.....	37
5.3.1.	Caracterización de las unidades experimentales.....	37
5.3.2.	Descripción de los tratamientos.....	39
5.3.3.	Descripción del diseño experimental.....	40
5.4.	Parámetros de evaluación.....	40
5.5.	Cronología del experimento.....	42
5.5.1.	Primera Etapa.....	42

5.5.1.1. Planeación.....	42
5.5.2. Segunda Etapa.....	42
5.5.2.1. Trabajo de Campo.....	42
5.5.3. Tercera Etapa.....	42
5.5.3.1. Análisis. ....	42
VI. Resultados y Discusión.....	43
VII. Conclusiones.....	51
VIII. Literatura Citada.....	52
IX. Anexos. ....	55

## **AGRADECIMIENTOS.**

A **Dios**, por darme la vida y haberme permitido concluir mis estudios dándome fortaleza y sabiduría para salir adelante.

A mi **ALMA TERRA MATER**. Por haberme abierto sus puertas y permitir realizar mis estudios en esta gran institución.

Al **Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza**. Por haber depositado en mí toda su confianza y darme la oportunidad de realizar esta Investigación así como su apoyo, tiempo, paciencia y asesoramientos para terminar mi trabajo.

Al **Dr. Ángel Rumualdo Cepeda Dovala**. Por haberme brindado su apoyo, tiempo y asesoramiento para terminar este proyecto.

Al **M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala**. Por haberme brindado su apoyo, tiempo y su asesoramiento para terminar mi proyecto.

Al **M.C. Blas Alberto Ríos Burciaga**. Por haberme brindado su apoyo incondicional para realizar mi trabajo y así también a la empresa **COSMOSEL** por darme la oportunidad de realizar este proyecto

A la Lic. **Alicia Guadalupe Lucía Barrera Valdez**. Por su colaboración, y por proporcionarme los materiales que se utilizaron para concluir en el aspecto de obtención de datos.

Al **M C. Raúl Cesar Gonzales Rivera**. Por su comprensión y colaboración en análisis estadístico.

A mis compañeros de la generación **CIV y CVI**, de la carrera de Ingeniero Agrícola y Ambiental que me brindaron su amistad (Alma Delia Gomes, Mayra Dianela) por haberme considerado como amiga.

A la Sra. **Guadalupe Facundo Mota**. por haberme abierto la puerta de su casa y haberme considerado un integrante mas de su familia.

A la Sra. **Juana Adriana Losada Perruzquia**. Por haberme brindado su amistad.



## **DEDICATORIA.**

### **A mis padres.**

Por ser las mejores personas de quien siempre estaré orgullosa por su digno ejemplo de honradez, sencillez y calidad humana por haber depositado en mí toda su confianza, amor y cariño. Gracias por haber hecho de mí una persona con los valores únicos que solo ustedes me pudieron heredar.

**Ma. Concepción Linares García.** Por el apoyo brindado todo el tiempo, todos tus sabios consejos, sacrificios y esfuerzos gracias por ser la mejor madre te quiero mucho.

**Gregorio Dimas Calderón.** Por tus consejos y paciencia que durante toda mi vida me has otorgado y demostrado que para salir adelante hay que luchar fuerte para superar los obstáculos que la vida nos ponga te quiero mucho.

### **A mis hermanos.**

Por todos los momentos tristes y felices que hemos compartido juntos, por todo su apoyo y cariño, por ser los mejores hermanos del mundo les deseo lo mejor de la vida muchas gracias.

**Andrés Dimas Linares.** Por que siempre podre contar con tigo, espero que llegues a cumplir todos tus sueños y objetivos.

**Miguel Ángel Dimas Linares.** Por tus consejos y ánimos que siempre me proporcionaste.

**Jorge Dimas Linares.** (Huesos) siempre podrás con migo espero llegues a cumplir tus metas.

**Gerardo Dimas Linares.** Por haber llenado nuestra vida de felicidad con tu presencia tú nos mantendrás siempre unidos.

### **A mi abuelo.**

**Ramón Dimas Luna.** Por tus sabios consejos y todo tu apoyo que desde niña me has brindado gracias.

### **A mis amores.**

Por haber llegado a mi vida y llenarla de felicidad.

**Celin Osvaldo Pérez Roblero.** Gracias por la paciencia que me has tenido, el cariño incondicional, por todos los momentos felices que as brindado a mi vida

**Dulce Jaqueline Pérez Dimas.** Por darme tu cariño y amor, motivarme para concluir mis estudios por que con tu inocencia y alegría siempre me ases saber lo mucho que me quieres, eres una personita muy importante en mi vida, te quiero mucho.

### **A mi familia.**

Por todo el apoyo, cariño, comprensión, y sus sabios concejos que me ayudaron a salir adelante.

## **INDICE DE CUADROS.**

**Cuadro 1.** Categoría de partículas.

**Cuadro 2.** Grados de salinidad por united states salinity laboratory of Riverside.

**Cuadro 3.** Efecto de los fertilizantes sobre el pH del suelo.

**Cuadro 4.** Características físicas y químicas del suelo en estudio.

**Cuadro 5.** Descripción de solución y dosis de fertilizantes utilizados.

**Cuadro 6.** Descripción de los tratamientos.

## **INDICE DE FIGURAS.**

**Figura 1.** Ubicación del sitio experimental.

**Figura 2.** Ubicación del sitio donde procede el suelo en estudio.

**Figura 3.** Distribución de las unidades experimentales.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

Las características de los suelos principalmente se deben al tamaño de las partículas minerales presentes, y al área superficial que presentan. Estas características pueden ser gradualmente modificadas por la materia orgánica, especialmente el humus, el cual tiene una capacidad de intercambio catiónico de aproximadamente 100 meq/100 grs de materia orgánica del suelo.

El humus en la fracción activa de la materia orgánica, más reciente a la descomposición rápida de los microorganismos, es de color negro, Aproximadamente el 56% de humus es carbón, el 35% es oxígeno, el 3.5% es hidrógeno y tiene una relación C/N 10/1, su relación C/P y C/S es de 100/1. El humus está constituido por tres grupos de compuestos orgánicos: lignina modificada, la cual es muy resistente a la descomposición microbiana; las proteínas que están protegidas por lignina y arcilla y los poliuronidos que son sintetizados por organismos del suelo.

Según las propiedades de los humus, estos son únicos y en gran parte determinan el carácter de muchos horizontes superiores; el humus tiene gran capacidad para obtener grandes cantidades de agua de los suelos, además que actúa como un material de ligamento ayudando a la buena estructura del suelo.

La materia orgánica (MO) se constituye de dos grupos: el ácido húmico y el resto de materia orgánica que no han alcanzado la humificación, lo que indica que no toda la MO se transforma en humus. Eventualmente se ha determinado que un 15% llega a este estado, dependiendo de factores complejos. La humificación es el proceso evolutivo por el cual la MO se va transformando, primero en humus joven, luego en humus más estable hasta llegar a la mineralización formando así el ácido húmico. El complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo, que se extrae del suelo por soluciones alcalinas, sales neutras o disolventes orgánicos, lleva el nombre de sustancias húmicas.

Los ácidos húmicos son grupos de sustancias químicas orgánicas, formadas a partir de la descomposición de residuos de origen vegetal y por la acción de los microorganismos del suelo; sin embargo, los ácidos húmicos comerciales se extraen a partir de la lignita-leonardita y de turbas. Las sustancias húmicas son macromoléculas aromáticas orgánicas constituidas por un complejo ligno-proteico de gran capacidad de absorción e intercambio iónico. Las sustancias húmicas incluyen al ácido húmico, al ácido fulvico y al ácido húmico o himatomelanico. Durante la primera etapa de humificación se forman los ácidos húmicos, mientras que en la segunda etapa de la humificación vuelve la oxidación química y/o enzimática para degradar el ácido húmico en fulvico, el cual queda en solución cuando el extracto alcalino es acidificado.

Solo una pequeña parte de las sustancias húmicas se encuentra libre en el suelo, la mayoría están unidas en distintas formas con la parte mineral del suelo. En la actualidad, se usan diversas sustancias para extraerlas como son: pirofosfatos de sodio, al igual que algunas sales neutras de ácidos orgánicos, como algunas sales sódicas de los ácidos oxálicos, tartáricos y cítricos entre otros. En estado natural, los ácidos húmicos y fulvicos están íntimamente ligados a arcillas, uno con otro y a otros compuestos orgánicos. Una gran variedad de fuerzas de enlace intermoleculares están involucrados, incluyendo fuentes de hidrogeno, enlaces de Ester, fuerza de van der waals enlaces de sal.

Los ácidos húmicos al ponerse en contacto con ciertas bases forman sales, aunque la mayoría de dichas sales (cálcicas, magnésicas, férricas, de aluminio y de manganeso) son prácticamente insolubles en agua; otras como los humatos de potasio, amonio y sodio se disuelven en ella.

#### **PALABRAS CLAVE:**

Fertigro N, zeolita, nitrato de amonio, sales, ácido húmico, sales, capacidad de campo, humedad disponible.

## **II. HIPÓTESIS.**

La interacción de los ácidos húmicos con los fertilizantes aumenta la salinidad de un suelo ya que actúan bacterias nitrificantes y acelera la formación de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

## **III. OBJETIVOS.**

Determinar la interacción de los ácidos húmicos con fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

Determinar el efecto de la salinidad de un suelo por la acción de los fertilizantes orgánico e inorgánico.

Cuantificar el incremento de sales de un suelo con fertilizante orgánico e inorgánico

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 4.1. Definición del suelo.

Lasso (1987), menciona que el suelo es físicamente una mezcla porosa de partículas minerales orgánicas, agua y aire. Suelo es el material fino que cubre la superficie de la tierra y sirve como sustrato de las plantas. El suelo tiene actividad química y esta actividad depende de la superficie total de las partículas, la cual aumenta con la firmeza. La superficie de la tierra está cubierta por rocas o suelos.

La actividad química y la fineza son necesarias para que el suelo sirva como sustrato de las plantas y de todos los seres vivientes y el hombre.

La firmeza del mundo, su superficie por unidad de peso, o su capacidad de intercambio, es una característica esencial del suelo.

#### 4.1.1. Textura de suelo.

Es la repartición de las partículas según tamaño, las partículas se dividen en la siguiente categoría mostrado en el cuadro 1 según USDA.

**Cuadro 1:** Categoría de partículas según su tamaño.

<b>Fracción</b>	<b>Diámetro de partículas</b>
Arcilla	menores de 0.002 milímetros (mm).
Limo	0.002-0.050.
Arena muy fina	0.050-0.100.
Arena fina	0.100-0.250.
Arena media	0.250-0.500.
Arena gruesa	0.500-1.000.
Arena muy gruesa	1-2.

Las partículas más grandes de 2 milímetros se las considera como gravas.

Clasificación de suelos en tres clases:

- a) Arenoso: más de 70% arena (muy fina + media + gruesa + muy gruesa).
- b) Arcilloso: más de 35% de arcilla.
- c) Franco: menos de 35% de arcilla, o menos de 70% de arena.

#### **4.2. Arcilla.**

Son minerales, formados principalmente de sílice, aluminio y agua; tienen formas escamas, aserrín o agujas; mezclados con ciertas cantidades de agua son plásticos y pegajosos.

Las arcillas se forman de dos unidades estructurales, unas de aluminio y otra de sílice. La de alúmina está formada de octaedros la unidad del sílice está formada de tetraedros; las 4 puntas del octaedro son agrupados por átomos de oxígeno O, de oxhidrilos OH; y en el centro equidistantes de ellos se encuentra un átomo de sílice; las bases de los tetraedros se juntan formando una hoja. Se pueden distinguir tres tipos de arcillas.

1:1.-kaolinita

2:1.-ilita

Arcillas amorfas.

#### **4.3. Origen de los suelos salinos.**

Los suelos salinos deben su carácter particular al hecho de que contienen concentraciones excesivas de sales solubles, sodio intercambiable o ambos. Para estos suelos presentan un problema que requiere la aplicación de medidas especiales y prácticas de manejo adecuadas. Las sales solubles producen efectos dañinos en la planta.



#### **4.4. Salinidad.**

Neiman y Shannon (1976), definen la salinidad como la presencia excesiva de sales solubles y consideran que un suelo es salino si su contenido de sales es tal que el desarrollo de las plantas que crecen sobre el es dañoso. La concentración de sales proporciona al suelo unas propiedades muy particulares con efectos muy nocivos para los cultivos. El origen de las sales, tanto las de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) como las de sodio (Na), proceden de muy diferentes orígenes. En líneas generales, pueden ser de origen natural o antropicas.

Se distinguen dos situaciones, con morfologías, propiedades, génesis y usos de los suelos muy diferentes, según que el catión predomine en el complejo de cambio sea el  $\text{Na}^+$  o el  $\text{Ca}^{++}$ .

Si el catión predominante es el  $\text{Ca}^{++}$ , las sales solubles son muy abundantes en el suelo. El perfil se encuentra muy poco diferenciado, pero su estructura tiende a ser estable, como resultado de la acción floculante del  $\text{Ca}^{++}$ . La alta presión osmótica de la solución del suelo es la responsable de la baja productividad. A estos suelos se les denomina suelos salinos (o suelos alomorfos). El suelo representativo es el solonchak.

##### **4.4.1. Causas naturales.**

En primer lugar pueden proceder directamente del material original. Efectivamente algunas rocas, fundamentalmente las sedimentarias, contienen sales como minerales constituyentes. Por otra parte, en otros casos ocurre que si bien el material original no contiene estas sales, se puede producir en el suelo por alteración de los minerales originales de la roca madre.

Por otra parte, también las sales disueltas en las aguas de escorrentía, se acumulan en las depresiones y al evaporarse la solución se forman acumulaciones salinas. Muchos de los suelos deben su salinidad a esta causa.

#### **4.4.2. Causas antropicas.**

La salinidad del suelo también puede producirse como resultado de un manejo inadecuado por parte del hombre. La agricultura, desde su comienzo, ha provocado situaciones de salinización, cuando técnicas aplicadas no han sido las correctas.

La actividad agraria y especialmente el riego, ha provocado desde tiempos remotos procesos de salinización de diferente gravedad: cuando sea empleado aguas con un contenido de sales sin el debido control (acumulándose directamente en los suelos o contaminando los niveles freáticos), o bien cuando sea producido un descenso del nivel freático regional y la instrucción de capas de agua salina, situadas en zonas más profundas, como consecuencia de la sobreexplotación.

El empleo de elevadas cantidades de fertilizantes, especialmente los más solubles, más allá de las necesidades de los cultivos, es otra de las causas que provocan situaciones de altas concentraciones de sales, que contaminan los acuíferos y como consecuencia los suelos que reciben estas aguas.

#### **4.5. Salinización de los suelos.**

Peña, (1980), señala que todo proceso de salinización estará sujeto a la acumulación continua y constante de sales y/o que se sobrepase la capacidad natural del drenaje de los suelos, favoreciendo un desplazamiento de mas salinas en condiciones naturales propiciadas por el hombre.

Los suelos salinos se encuentran principalmente en zonas de clima árido o semiárido. En condiciones húmedas las sales solubles originalmente presentes en los materiales del suelo y las formadas por la intemperización de minerales, generalmente son llevadas a las capas inferiores, hasta el agua subterránea y finalmente transportadas a los océanos. Los suelos salinos no existen en las regiones húmedas excepto cuando el suelo a estado expuesto a agua de mar o en las deltas de los ríos y otras tierras bajas cercanas al mar.

Hasta hace unos años se expresaba en mmhos/cm. ahora en la actualidad se expresa en ds/m, siendo ambas medidas equivalentes ( 1 mmhos/cm = 1 ds/m). La conductividad eléctrica (CE) se refleja la concentración de sales solubles en la disolución, (Rhasdes y Verthoves, 1978).

Los suelos salinos y no salinos, se diferencian en los límites arbitrarios de salinidad. Se acepta que las plantas empiezan a ser afectadas de manera adversa cuando el contenido en sales excede del 1%. La clasificación americana de suelos, adopta el valor de 2 ds/m como límite para el carácter salino a nivel de grupo y subgrupo, considera que a partir de este valor las propiedades morfológicas y fisicoquímicas del perfil (por lo tanto la génesis) quedan fuertemente influenciadas por el carácter salino. El laboratorio de salinidad de los EE.UU. ha establecido el límite de 4 ds/m para que la salinidad comience a ser toxica para las plantas.

En base a la CE el United States Salinity Laboratory de Riverside establece los siguientes grados de salinidad mostrados en el cuadro 2.

**Cuadro 2:** Grados de Salinidad por United States Salinity Laboratory of Riverside.

<b>Tipo de suelo.</b>	<b>Valor</b>	<b>Características</b>
Suelos normales.	0-2	La gran mayoría de los cultivos tienen un buen desarrollo, obteniendo rendimientos excelentes.
Suelos ligeramente salinos.	2-4	Quedan afectados los rendimientos de los cultivos muy sensibles.
Suelos salinos.	4-8	Quedan afectados la mayoría de los cultivos.
Suelos fuertemente salinos.	8-16	Solo se obtienen rendimientos aceptables en los cultivos tolerantes.
Suelos extremadamente salinos.	16	Muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables.

(Fuente: Pizarro, 1978)

Estado en que se encuentra las sales en el suelo:

Las sales en el suelo se encuentran:

Asociados: formando compuestos.

Disociados: como iones que son positivos y negativos: a

Los primeros se les conocen como cationes y a los segundos con aniones.

#### **4.5.1 Clasificación de suelos salinos y sódicos y sus características:**

Peña (1980), menciona como base en los resultados químicos, para clasificar a los suelos por salinidad se consideran como partículas a dos aspectos que son:

1. Los valores de la conductividad eléctrica (CE).
2. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI), con la combinación de ellos se forman cuatro diferentes grupos:

Normales, salinos, salino-sódico, sódico.

##### **4.5.1.1 Suelos normales:**

Llamados así aquellos suelos que no presentan problemas a las plantas por concentraciones salinas. Se identifican cuando el valor de la conductividad eléctrica en el extracto del suelo a saturación es menor de 4 mmhos/cm y por el porcentaje de sodio intercambiable en menor de 15%.

Buena permeabilidad, aireación, buena estructura; en general son suelos que no tienen problema para la agricultura (Peña, 1980).

##### **4.5.1.2. Suelos salinos:**

Son aquellos que contienen sales solubles en tal cantidad que alteran la fisiología de las plantas. Se les identifica cuando la conductividad eléctrica (CE) de la solución extraída de una pasta de suelo saturado tiene valores mayores de 4 mmhos/cm. y el porcentaje de sodio intercambiable se presenta menor del 15% (Peña, 1980).

#### **4.5.1.3. Suelos salinos sódicos:**

Esta clase de suelos es el resultado de la combinación de los procesos de salinización y acumulación de sodio. Cuando presentan un exceso de sales son similares a los suelos salinos, es decir, el valor de pH rara vez es menor de 8.2 y las partículas permanecen floculadas en estas condiciones (Peña, 1980).

#### **4.5.1.4. Suelo sódico:**

Se consideran el valor del 15%, del porcentaje de sodio intercambiable como límite de la separación entre los suelos "NO SODICOS" Y SODICOS.

Los suelos sódicos o "álcali negro", representan un problema de manejo parcialmente difícil. La permeabilidad del agua de estos suelos, por lo general, es tan baja que el agua los atraviesa sólo lentamente. El pH de los suelos sódicos, generalmente es de, 9 ó 9.5 y las fracciones de arcilla y de materia orgánica se encuentran dispersas. La materia orgánica dispersa se acumula en la superficie de zonas de drenaje insuficiente con lo que le imparte un color negro, por eso, se le llama álcali negro. Sus concentraciones bajas de sales solubles y sus valores altos de pH pueden provocar una toxicidad directa por el sodio en las plantas más sensibles. La percolación insuficiente del agua para satisfacer las necesidades de la vegetación y controlar la salinidad constituye el problema principal de este tipo de suelos (Peña, 1980).

## **4.6. Parámetros que intervienen en la salinidad.**

### **4.6.1. Conductividad eléctrica (CE).**

Peña (1980), menciona que la conductividad eléctrica (CE) esta íntimamente correlacionada con la suma de aniones y cationes que se determinan químicamente y con los sólidos totales disueltos, la CE es el parámetro más extendido y ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad. Se basa en la velocidad con que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales en solución.

### **4.6.2. Relación entre el potencial hidrogeno (pH) y disponibilidad de nutrimentos.**

El pH del suelo influye de forma decisiva en la mayor o menor disponibilidad de nutrientes necesarios para la planta es necesario hacer notar que la presencia de CO<sub>2</sub> en la atmosfera altera en forma directa el pH de las soluciones. (Peña 1980)

La absorción de nutrientes, puede decirse que el pH aceptable está entre 6 y 7.

### **4.6.3. Acidificación y descalcificación.**

La acidificación es la tendencia del complejo de cambio del suelo a cargarse con más cantidad de iones H<sup>+</sup>, con el consiguiente detrimento del resto de los cationes minerales.

La descalcificación se produce cuando Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> abona el complejo. Si en el suelo no existe una reserva de calcio, la descalcificación aparece como una fase preliminar de la acidificación ya que siendo el calcio el catión más abundante, su salida facilitara la fijación de iones H<sup>+</sup> para contrarrestar la carga del complejo. De aquí proviene la eficacia de las enmiendas calizas para prevenir y combatir la acidificación. La descalcificación se produce principalmente por una importante extracción de Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> de los cultivos. En segundo lugar dicha

descalcificación también se produce por aguas de lluvia que contiene pequeña cantidad de gas carbónico y que son capaces de disolver la caliza existente en el suelo, de tal forma que el calcio es arrastrado a capas más profundas en forma de bicarbonatos de calcio.

Existen abonos que tienen una acción descalcificante, por lo que la acidificación de los suelos agrícolas cuando no hay una importante reserva de iones calcio, continúa inexorablemente a un ritmo más rápido cuando mas intensivo es el cultivo y cuanto mayor son las cantidades de abonos descalcificantes aportados. La tasa de nitrificación es generalmente baja en los suelos ácidos. Ocurre en un rango de pH de 4.5 a 10.0, pero las condiciones optimas ocurren alrededor de pH de 8.5 la aplicación de mejoradores ácidos beneficia a las bacterias nitrificantes

#### **4.6.3. Efectos de los altos contenidos de sales en suelo.**

1. Modifican el estado físico y químico.
2. Modifican el estado de agregación de las partículas dando lugar a cambios en la estructura y consecuentemente se altera la aireación y la retención de humedad en el suelo.
3. Aumenta el esfuerzo de humedad del suelo (EHS).
4. En presencia del sodio, los suelos se de flocculan reduciendo a limites desfavorables para la planta, generalmente aumentan los valores de pH lo que puede reducir la solubilidad de los nutrientes y por lo mismo ocasionan problemas en la disponibilidad para la planta.
5. En otros casos puede poner en solución a elementos tóxicos para el cultivo (Peña, 1980).



#### **4.6.4. Efectos de los altos contenidos d sales en planta.**

1. Aumentan la presión osmótica en la solución del suelo por lo que reducen el abastecimiento de agua.
2. Reducen la absorción de agua y por lo tanto de nutrientes.
3. Retardan o nulifican la germinación.
4. Crean antagonismo y toxicidad (Peña, 1980).

#### **4.7. Generalidades del humus.**

Se constituye de tres compuestos orgánicos:

Poliurionedos.- estos compuestos son sintetizados por los compuestos existentes en el suelo.

Lignina modificada.- este tipo de compuestos, ofrece mucha resistencia por ser descompuesta por la microfauna descomponedora.

Proteínas.- estas se encuentran protegidas por arcilla y lignina.

##### **4.7.1. Propiedades del humus.**

Mejoran las características tanto físico-químicas como microbiológicas de los suelos, en los cuales las plantas se apoyan para vivir, obteniendo beneficios de estos. Una tercera parte del humus, es integrada por sustancias húmicas, mientras que el resto de este, se compone de huminas, que vienen siendo restos de materia orgánica que aun no ha sido transformada.

Cepeda (1985), menciona que los ácidos húmicos no son sustancias compactas, sino que presentan una constitución porosa. Gracias a esta constitución los ácidos húmicos tienen una alta capacidad para absorber y retener la humedad.

Dubach y Metha, (1963), citados por Juan Vicente Botello, reportan que no existen dos moléculas de humus que presenten una estructura idéntica precisa para el ácido húmico, algunos investigadores contemporáneos están de acuerdo con la teoría de moléculas consistentes en micelas de naturaleza poliméricas, la estructura básica de un anillo aromático del tipo de otri-hidroxifenol unido por puentes-o-, -NH-, -s=, y otros grupos que contienen además OH<sup>-</sup> libres y dobles enlaces de quinonas. El color oscuro típico de los ácidos húmicos y su capacidad de formar complejos estables con metales, es consistente con este concepto. En estado natural, la molécula puede contener residuos de proteínas y carbohidratos unidos, los cuales también forman complejos estables con metales.

Rodríguez (1985), menciona que las sustancias húmicas son moléculas con diversas características, como las siguientes:

Elevado peso molecular, propiedades coloides, capacidad de absorción iónica, liberación de nutrientes a mediano y largo plazo, etc. Lo que le confiere enorme importancia en la fertilidad y productividad del suelo en general.

Las sustancias húmicas son solubles en álcali y ácido y se divide en ácido húmico, fúlvico y húminas (Omega 1989).

Las arcillas tienen un notable papel en los procesos de formación del humus del suelo. Esa influencia puede ser debida al efecto directo o bioquímica de las arcillas sobre la actividad y población de los microorganismos del suelo, un efecto químico de las arcillas al catalizar los procesos de polimerización de los recursos del humus (Harder citado por Rodríguez 1985). Mencionado por Botello 1993.

Rusell y Greacen (1977), citado por Botello (1993), mencionan tres características de los ácidos húmicos.

a) Los ácidos húmicos son reconocidos como una partícula de color café oscuro o negro, poli dispersas, con una condensación heterogénea con peso moléculas desde 5000 a 10000 unidades, la electro microscopia, la ultra centrifugación y su viscosidad sugiere que sus partículas son esféricas.

b) Los ácidos húmicos poseen una variedad de grupos funcionales. La capacidad de intercambio Catiónico (CIC), medida a un pH de 7.0 es del orden de 300 meq/100 gr de suelo; lo cual es similar a la densidad de carga de los coloides inorgánicos.

c) Análisis elementales para los ácidos húmicos generalmente caen en el rango en porcentaje de 50 a 60 de carbono, 30 a 40 de oxígeno y 2 a 5 nitrógeno.

El ácido húmico es la fracción de las sustancias húmicas que no es soluble en agua bajo condiciones de pH menor de 2, pero es soluble en pH superior a 2.

El ácido fulvico, es la fracción de las sustancias húmicas que es soluble en agua bajo cualquier valor de pH.

Huminas, es la fracción de las sustancias húmicas que no es soluble en agua en cualquier valor de pH, MacCarthy (1990).

#### **4.8. Materia orgánica (MO) del suelo.**

Los constituyentes de la cubierta vegetal en descomposición, son la principal fuente de humus del suelo para la mayoría de los microorganismos y animales que habitan en el suelo y que debido a su actividad ocurre la formación de sustancias húmicas. A pesar de que las distintas especies vegetales contienen en general los mismos grupos de sustancias (ceras, grasas, taninos, lignina y otras más), la proporción de estos en los distintos tejidos vegetales influye considerablemente en la velocidad de humificación. (Kononova, 1982).

La materia orgánica del suelo usualmente se subdivide en dos grandes categorías: sustancias húmicas y sustancias no húmicas.

La fracción no húmica de la materia orgánica, consiste de compuestos orgánicos de reciente incorporación aun no descompuesto; la mayor parte de estos compuestos son de bajo peso molecular y pueden ser utilizados como sustancias por los microorganismos del suelo. Entre estas sustancias están; carbohidratos, proteínas, auxinas, alcoholes, aminoácidos, ligninas, grasas, ceras, resina, pigmentos de bajo peso molecular; llegan a constituir del 10 al 15% de la reserva de materia orgánica.

Las sustancias húmicas de la materia orgánica, poseen un área superficial extremadamente alta, son de color amarillento a negras y son sintetizadas en el suelo, llegando a ser muy estables y persistentes en los suelos agrícolas. Es aceptado que las sustancias húmicas son los productos de degradación química y biológica de los residuos de la planta y animales del suelo. Este grupo de sustancias constituye en los suelos minerales hasta el 85 al 90% de la reserva total del humus.

#### **4.9. Generalidades de las sustancias húmicas.**

La mezcla de compuestos orgánicos que se extrae del suelo mediante métodos establecidos o por extensión de materiales orgánicos más o menos humificados; puede denominarse “sustancias húmicas solubles” estos materiales solubles constituyen una fracción importante del humus y están formadas por ácidos fulvicos, ácidos húmicos y algunos otros componentes, no propiamente húmicos, como polisacáridos y péptidos.

Los ácidos húmicos son solubles en una disolución alcalina pero precipitada cuando el pH es ajustado a 2; los ácidos fulvicos permanecen en disolución cuando el extracto alcalino es acidificado, y las himinas son la fracción húmica que no es solubilizada ni por disoluciones acidas ni por básicas (J. Francisco y Bañon, 2000).

#### **4.9.1. Origen de las sustancias húmicas.**

El nombre de ácido o sustancia húmica son genéricos para los materiales que se pueden extraer del suelo por varios extractantes y precipitados por ácido mineral diluido. Los comerciales se extraen generalmente de la leonardita, lignito y de las turbas y se les da el nombre de bioactivadores húmicos por que su principal función agrícola es la de estimular el metabolismo vegetal (Narro, 1997).

Felbeck (1971), menciona la siguiente hipótesis acerca de la formación de estos materiales.

La hipótesis de la alteración de la plantas. Las fracciones de tejido vegetal lignificados resistentes a la degradación microbiana son alterados solo superficialmente para formar sustancias húmicas. La naturaleza de las sustancias formadas está fuertemente influenciada por la naturaleza del material vegetal original. Durante la primera etapa de la humificación, se forman las húmicas y los ácidos húmicos de alto peso molecular, estos se degradan posteriormente a ácidos fulvicos y finalmente a  $\text{CO}_2$  Y  $\text{H}_2\text{O}$ .

La hipótesis de la polimerización química. Las materias son degradadas por los microorganismos a moléculas más pequeñas que son utilizadas posteriormente como fuente de carbono y energía. Los microorganismos sintetizan fenoles y aminoácidos que son oxidados y polimerizados a sustancias húmicas.

La hipótesis de la autólisis celular. Las sustancias húmicas son el producto de la autólisis de las células vegetales y microbiana después de su muerte. Los productos resultantes (azúcares, aminoácidos, fenoles y otros compuestos aromáticos), se condensan y polimerizan vía radicales libres.

La hipótesis de síntesis microbiana. Los microbios utilizan los tejidos vegetales como fuente de carbono y energía para sintetizar intercelularmente materiales húmicos liberados al suelo. Así, las sustancias húmicas de alto peso molecular, representan el primer estado de la humificación, siguiendo la degradación

microbiana extracelular a ácidos húmicos, ácidos fulvicos y finalmente a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Para Kononova (1972), la formación de sustancias húmicas se realiza:

1. El proceso de humificación de residuos de plantas es acompañado por la mineralización de compuestos como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> Y otros productos.

2. Todos los compuestos de los tejidos vegetales podría ser la fuente primaria de la unidad estructural en la forma de:

a) producto de desintegración (compuestos fenolicos de ligninas, taninos y otros tipos de compuestos similares).

b) productos de metabolismo (compuestos fenolicos, metabólicos formados por consumo de carbohidratos por microorganismos) .

c) productos de desintegración y resistencia (aminoácidos y péptidos durante la descomposición de proteínas y productos metabólicos de microorganismos).

3.-Un importante estudio es el proceso de formación de sustancias húmicas, es la condensación de unidades estructurales, la cual ocurre por oxidación de fenoles por la enzima fenoloxidasa, a través de semi-quinonas a quinonas y la interacción de estas últimas con aminoácidos y péptidos.

4.-El estadio final del proceso de formación de sustancias húmicas poli condensación (polimerización) es un químico. Durante la humificación de residuos orgánicos el estudio individual del proceso es íntimamente coordinado y podría ocurrir concomitantemente.

#### **4.10. Características generales de los ácidos húmicos.**

Meza (1995), menciona que los ácidos húmicos no son sustancias compactas, sino que presentan una constitución porosa, gracias a esta constitución los ácidos húmicos tienen una alta capacidad para absorber y retener la humedad, las substancias húmicas son un complejo de compuestos orgánicos de color oscuro, pardo marrón o negro, cuyo diámetro de partículas es de 80 a 100

micras generalmente y pueden ser extraídas del suelo por soluciones de álcalis, sales neutras o disolventes orgánicos.

Las sustancias húmicas están ampliamente distribuidas en todo tipo de suelos. Estiércoles, turbas y en cenizas volcánicas. También se ha encontrado en ambientes acuáticos como ríos, agua de mar, lagos, lagunas, desechos de drenaje y sedimentos superficiales de lagos los que están modificándose constantemente.

Al hidrolizar ácidos húmicos se han encontrado una gran diversidad de aminoácidos básicamente de tipo aromático. El nitrógeno se considera como parte constitutiva de las moléculas de ácidos húmicos y la mayoría de los autores señalan que el contenido de aminoácidos de suelos diferentes es en general homogéneo; la posición del nitrógeno (N) en las moléculas de sustancias húmicas determinan en la medida la accesibilidad del N a los microorganismos y por consiguiente a la planta.

Las sustancias húmicas se clasifican de acuerdo a su solubilidad en ácido o álcali, en tres grupos:

- a) Acido húmico: fracción soluble del álcalis diluido, coagulan al acidificarse el extracto.
- b) Acido fulvico: permanecen en solución cuando se acidifica el extracto alcalino.
- c) Huminas: fracción que no puede extraerse del suelo por disoluciones básicas ni alcalinas.

#### **4.10.1. Efecto de los ácidos húmicos en el suelo.**

Los ácidos húmicos solubles pueden reemplazar las aplicaciones de grandes volúmenes de materia orgánica, puesto que, en aplicaciones eficientes el rendimiento de los cultivos se incrementa hasta en un 20% esto se debe principalmente a los efectos benéficos que tiene sobre algunas características físicas, químicas y biológicas del suelo, además por ser sustancias que tienen la facultad de quelatar moléculas orgánicas e inorgánicas, puede eliminar residuos tóxicos de productos químicos nocivos para el desarrollo de los cultivos, se debe tener en cuenta que, concentraciones muy elevadas de ácido húmico puede tener efectos desfavorables debido a los desbalances fisiológicos consecuentes (Omega, 1989).

La densidad aparente se reduce con la adición de los ácidos húmicos. Esto se debe al efecto que ejerce en la formación de agregados y la estructura del suelo, de esta manera se mejora la resistencia a la penetración y compactación disminuyendo junto con la densidad aparente ( $D_a$ ). La adición de estos al suelo causa un oscurecimiento que le permite absorber mayor energía del sol, que se utiliza para las reacciones y por los microorganismos. La formación de costra y agregados se reducen, estabilizando a los agregados que se forman en la capa superior del suelo. Aumenta el contenido y disponibilidad de agua para la plantas. Ayuda a que el suelo no sufra cambios drásticos de pH (Narro, 1987).

Entre los principales efectos de las sustancias en las características químicas, físicas y biológicas de los suelos; destaca que como mejoradores aumenta la disponibilidad de algunos macro y microelementos (K, Ca, P, Fe, Zn, Mn), incrementa la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura y aumenta la disponibilidad de humedad en el suelo (Chen y Aviad, 1990).



Estas sustancias reducen la compactación, facilitan el laboreo, reduce la formación de costras, disminuye la resistencia al suelo de la penetración de raíces (Narro, 1997).

Lu y Koide (1994), señalan que existen evidencias que la fracción de sustancias húmicas contenida en la materia adicionadas al suelo conducen a un buen desarrollo de la micorriza arbuscular, aunque suele aumentar por periodos cortos de tiempo.

Sequi (1978), menciona los efectos favorables ejercidos por la sustancias húmicas en las propiedades del suelo, un ejemplo es la estructura o la agregación del suelo que es influenciada tanto por la materia orgánica como por los microorganismos, señala además que el balance de sustancias húmicas en la solución del suelo es a menudo deficiente, siendo la principal razón por la cual la adición de sustancias húmicas al suelo pueden ser efectivas, por lo que frecuentemente son recomendadas.

Los ácidos húmicos debido a sus propiedades de intercambio iónico pueden disminuir la concentración de sales en el medio y de esta manera prevenir síntomas de toxicidad en plantas, que normalmente ocurren como resultado de altas concentraciones de sales.

Tapia (1989), menciona que las sustancias húmicas ejercen un efecto estabilizante en la asimilación y subsecuente liberación de compuestos químicos como un reservorio de nutrientes traza y contaminantes. La absorción química de compuestos químicos por las sustancias húmicas resulta en una capacidad buffer de la movilidad de productos químicos; esto es de gran relevancia ambiental.

La capacidad de las sustancias húmicas de formar compuestos estables con cationes metálicos en la solución del suelo tienen un alto valor agronómico. Las fracciones húmicas forman quelatos que pueden ayudar a regular el movimiento de nutrimentos del suelo y su disponibilidad a las plantas. Los cationes metálicos como el Fe, Cu, Zn Y Mn, son micronutrimentos para las plantas y para algunos microorganismos: por lo que influencia ampliamente el

crecimiento. La mayoría de los metales de transición son tomados por la planta en forma de quelatos debido básicamente a que su solubilidad en la solución del suelo a valor de pH normal no es lo suficientemente alta para un aporte suficiente a las plantas. Las sustancias húmicas son buenos quelatantes y son capaces de transportar iones quelatados hacia las raíces de las plantas (Ram, 1983).

La adición de materiales húmicos incrementa la cohesión de los agregados del suelo a través de cementantes no dispersantes en agua. El efecto de los ácidos húmicos se relaciona más en el tiempo de incubación que la cantidad de material adicionado, puede ser que las largas cadenas alifáticas que abundan en el material orgánico completamente descompuesto, causen este efecto.

Chen y Aviad (1990), sostienen que los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran resultados consistentes positivos sobre la biomasa de la planta, la estimulación del crecimiento de la raíz es generalmente más aparente que la estimulación del crecimiento del tallo. La típica respuesta muestra incrementos en el crecimiento a medida que se incrementa la concentración de sustancias húmicas en la solución nutritiva, seguida por una disminución del crecimiento a concentraciones muy altas.

#### **4.10.2. Efecto de los ácidos húmicos en la planta.**

Narro (1987), señala que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, se favorece así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Favorece la traslocación de macro y microelementos dentro de la planta lográndose una mejor nutrición de la planta; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de la plantas.

Palomares (1990), menciona que la acción de los ácidos húmicos en la planta se reduce a lo siguiente:

1. Trasladan los nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea de las plantas y del exterior de la hoja hasta los sitios de acumulación.
2. Incrementa la permeabilidad de las membranas y favorecen los procesos energéticos de las plantas relacionadas con la respiración.
3. Son activadores y estabilizadores de algunas enzimas, además de estimular algunas reacciones, procesos y funciones bioquímicas de la planta.
4. Acelera la germinación de las semillas e incrementan su porcentaje de germinación y uniformidad bajo circunstancias adversas.
5. Incrementa la biomasa total de la planta, peso fresco y peso seco.

Chen y Aviad (1990), sostienen que los estudios de los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran resultados positivos sobre la biomasa de la planta.

#### **4.11. Fertilización**

Las actividades agrícolas, buscan mayor cantidad y calidad de productos agrícolas. Esto se logra mediante la acción de factores naturales y humanos. En principio, todo aporte equilibrado de nutrientes a los vegetales proporcionará mejores cosechas. Si el cultivo se repite, extrae los nutrientes que necesita y que el suelo llega un momento, es incapaz de proporcionar en cantidad suficiente, ante lo cual se debe compensar con fertilizante. Los nutrientes deben estar en formas asimilables por la vegetación, los fertilizantes no contienen los nutrientes en forma elemental (N, P, K, etc.), se componen de formas iónicas fáciles de absorber (Seoáñez, 1999).

En la agricultura moderna es necesario el uso de agroquímicos para mantener altos rendimientos en los cultivos, pero algunas desventajas que presentan los fertilizantes es que alteran las propiedades químicas y biológicas del suelo; asimismo, los fertilizantes nitrogenados propician una variada lixiviación de nitratos que contaminan los acuíferos (Medina y Cano, 2001).

Antes de pensar en la aplicación de fertilizantes, todas las fuentes disponibles de los nutrientes deberían ser utilizadas, por ejemplo diferentes tipos de estiércol, esquilmos agrícolas, después de ser convertidos en abono y descompuestos, antes de su aplicación al suelo. El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico, materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan (FAO, 2002).

Es frecuente el abuso en el uso de fertilizantes, sobre todo de los nitratos. El aumento de su aplicación, a partir de ciertos umbrales, no implica mayores rendimientos agrícolas. Es decir que las partes no asimiladas o no incorporadas al suelo pueden ser arrastradas por escorrentía superficial o penetrar hacia las aguas subterráneas. Algunos fertilizantes nitrogenados aplicados en grandes dosis pueden bajar el pH de suelo, como se indica a continuación en el cuadro (3).

**Cuadro 3.** Efecto de los fertilizantes sobre el pH del suelo

<b>Fertilizantes</b>	<b>Efectos sobre el pH</b>
Potásicos	No tienen efectos (cloruro potásico, sulfato potásico).
Superfosfatos	Pocos o tendencia a neutralizar (escorias, roca fosfórica).
Amoniacales	Producción de acidez (se suele añadir cal)
Nitratos	Si están combinados con bases como Na o Ca aumentan el pH.
Cianamidas cálcicas	Ejercen el mismo efecto que los nitratos.

Por otra parte, estos nitratos pueden concentrarse en alguna especies cultivadas, con el consiguiente peligro para la salud humana y animal, pues los nitratos se reducen en el intestino y pasan a nitritos e incluso a nitrosaminas, ambos tóxicos, e incluso estas ultimas cancerigenas. (Seoáñez, 1999).

#### 4.11.1 Fertilizantes Nitrogenados

El nitrógeno es considerado como un macroelemento, debido a que es requerido por los vegetales en grandes cantidades y tiene como principal función en todos los organismos vivos, la de formar parte de la estructura química de algunas de las moléculas orgánicas más importantes de las que forman la estructura de las células vivas, estas son las proteínas (Yañes, 1993).

El nitrógeno produce plantas de color verde oscuro y más suculentas; también hace que las células sean más grandes con paredes celulares más delgadas, además aumenta la proporción de agua y reduce el porcentaje de calcio en los tejidos vegetales, fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación de follaje de buena calidad facilitando la producción de carbohidratos y ayudando a la succulencia (Tamhane *et al.*, 1986)

Existen tres formas del N; libre (componente del aire), orgánica (formación de tejidos y órganos vegetales y animales, y sus desechos), éste constituye más del 85% del nitrógeno total existente en el suelo. Mineral (compuestos simples). La totalidad del nitrógeno está determinada por: los residuos orgánicos (85%) el N de origen atmosférico dejado por los *Rhizobium*, aportes del agua de lluvia en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y aportes de fertilización. En una primera fase el nitrógeno orgánico es transformado por bacterias amonificantes en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) constituyendo una forma amoniacal. Esta sustancia es luego convertida en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) por las bacterias nitrificadoras, constituyendo la fase nítrica del proceso (Rodríguez, 1982).

El hecho de que las plantas no puedan utilizar completamente el N del suelo es de gran importancia. La utilización del N puede oscilar entre un 25 y 85% según el cultivo y las técnicas agrícolas; por lo tanto a fin de obtener una máxima producción, se aplica un exceso de fertilizante nitrogenado al suelo, razón por la cual aumenta sustancialmente el arrastre de nitrógeno por las aguas pluviales (OPS, OMS, 1980)

Entre los fertilizantes nitrogenados se distinguen a) nitrogenados orgánicos, de origen variado, como gallinaza, compostas, etc., aportan elementos nutritivos básicos y contribuyen al mejoramiento de la composición del suelo, b) nitrogenados de origen natural como el nitrato de sodio ( $\text{NO}_3 \text{Na}$ ), con 16% de N en forma nítrica fácilmente soluble y asimilable, c) nitrogenados sintéticos: Sulfato amónico,  $\text{SO}_4 ((\text{NH}_4)_2)$ , Nitrato amónico  $\text{NO}_3 \text{NH}_4$ , Nitrato potásico,  $\text{NO}_3 \text{K}$ , Amoniacó anhidro,  $\text{NH}_3$ , Cianamida cálcica,  $\text{CN}_2 \text{Ca}$ , Urea  $\text{CO} (\text{NH}_2)_2$ , Urea formaldehído,  $\text{CO} (\text{NH}_2)_2$ , Soluciones amoniacaes,  $\text{NH}_4 \text{OH}$ , etc. La materia prima para la síntesis de estos compuestos es el nitrógeno atmosférico. También se utiliza, pero en muchos menos casos, la recuperación del amoniaco a partir de ciertos tipos de carbón (Rodríguez, 1982).

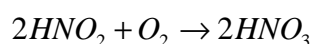
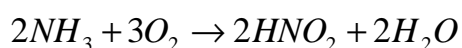
#### **4.11.2 Nitrógeno en Suelo y Agua**

El nitrógeno en el suelo en sus formas solubles se pierde por la utilización directa de las plantas que lo extraen de la solución del suelo, el consumo de los microorganismos que lo utilizan para sus funciones vitales, los procesos de desnitrificación causados por un pH bajo o por una mala aireación del suelo, perdiéndose el nitrógeno en forma de gas, pérdidas del elemento principalmente en su forma nítrica (la más soluble) por el drenaje, nitrógeno fijado en el complejo de cambio del suelo y el utilizado por los microorganismos son pérdidas relativas pues no son utilizados directamente por las plantas (Rodríguez, 1982).

El N atmosférico puede ser fijado por bacterias y hongos; el contenido en el agua de lluvia y en las proteínas de los seres vivos, es devuelto al suelo excretado por las raíces y por los restos vegetales y animales muertos. Este N sufre en el suelo una serie de transformaciones que van desde la mineralización hasta la inmovilización; cuando existe una relación C/N alta, los microorganismos utilizan todo el N mineral existente en el suelo, pasando por los procesos de nitrificación conversión de sales amoniacaes en nitritos, y

finalmente en nitratos por bacterias del genero *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Los nitratos, fuente de N para las plantas, a su vez pueden ser reducidos a nitrógeno libre (gaseoso) o a óxidos de nitrógeno por bacterias (*Pseudomonas*, *Micrococcus*) y hongos, a través del proceso de desnitrificación (Seoáñez, 1999)

El proceso de nitrificación es la conversión de N-NH<sub>3</sub> a N-NO<sub>3</sub>. La conversión es conducida principalmente por dos tipos específicos de bacterias, referidas como nitrificantes que son mas activas en suelos ricos en materia orgánica. La conversión biológica del NH<sub>3</sub> a N-NO<sub>3</sub> incluye dos procesos distintos, según las reacciones siguientes:



En la primera reacción intervienen las nitrosomonas y los nitrosococcus y en la segunda reacción interviene nitrobacter. Estas dos reacciones muestran que es un proceso de oxidación. Es evidente que el proceso de nitrificación no aumenta el abastecimiento total del nitrógeno, si no que únicamente cambia su forma (Ortiz y Ortiz, 1990).

La nitrificación es importante por varias razones:

- El nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) es inmediatamente disponible para uso de las plantas y microorganismos del suelo. En condiciones de buena aireación los organismos también usan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.
- El ion nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) puede perderse por desnitrificación, proceso mediante el cual se reduce a formas gaseosas como el oxido nitroso



( $\text{N}_2\text{O}$ ) o  $\text{N}_2$  que se pierde a la atmósfera, es altamente móvil y se mueve libremente con el agua del suelo. Mucho del nitrato puede escurrirse por el perfil del suelo, esto sucede mas en los suelos arenosos profundos que en los suelos de textura fina con un drenaje moderado. El manejo apropiado del nitrógeno puede controlar la lixiviación a mantos freáticos e incrementar la productividad de los cultivos (Lavado, 2001).

El nitrógeno en forma amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) se transforma en ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y en un suelo que no sea ácido puede ser retenido del mismo modo que lo son el calcio, el magnesio y el potasio. Por lo tanto, la forma amoniacal del nitrógeno no es eliminada con facilidad del suelo, mientras no se transforme en forma nítrica (Worthen and Aldrich, 1980). El suelo tiene muy poca capacidad para evitar que los nitratos de cualquier clase sean arrastrados con las aguas de drenaje (Bear, 1969).

En los suelos agrícolas, los ácidos nitroso y nítrico probablemente no existan como tales, pero están combinados con elementos básicos formando sales (nitratos de Ca, Mg, K, Na) dependiendo de la composición química del suelo. Las condiciones del suelo bajo las cuales ocurre una nitrificación activa son mucho más restringidas que las de la amonificación, es decir, el proceso es mas afectado por cambios en la reacción del suelo, aireación, humedad, concentración de sales y otras condiciones del medio ambiente. El drenaje es factor muy importante. La reacción óptima para los nitrificadores son los pH de 7.0 a 8.0 (Ortiz y Ortiz, 1990).

El nitrógeno que utilizan la mayoría de las plantas cultivadas en condiciones naturales tiene su origen en las proteínas de la materia orgánica del suelo. A la descomposición de la materia orgánica, su nitrógeno es liberado en forma de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), combinación para la cual el suelo tiene un alto poder de retención, ya que de otro modo se escaparía a la atmósfera. En condiciones favorables este amoniaco es oxidado por los microorganismos que lo transforman en ácido nítrico (Bear, 1969).

La mayor parte del nitrógeno es absorbido tanto en la forma amónica como en la de nitratos, dependiendo de las condiciones del suelo, la clase de planta y su grado de crecimiento. En general, parece ser más favorable la presencia de ambos iones juntos. El ion nitrito está casi siempre presente en pequeñas cantidades, pues es fácilmente oxidado a la forma nitrato. Esto es favorable porque una concentración de nitrógeno en forma de nitrito es marcadamente tóxica para los vegetales (Buckman y Brady, 1985).

Los nitratos son fracciones de moléculas llamadas iones que constan de nitrógeno y oxígeno. Las plantas absorben del suelo los iones nitrato para formar proteínas y para ello deben separar el nitrógeno del oxígeno y juntarlo con el hidrógeno para formar iones amonio; este proceso se denomina reducción del nitrógeno. Seguidamente el ion amonio se liga a un ácido para formar un aminoácido; las moléculas de proteína se constituyen por cientos de aminoácidos y constituyen la materia viva, así que las proteínas coloidales en el agua son el asiento de los fenómenos que llamamos vida. Todo el proceso de síntesis proteica exige mucha energía para llevarse a cabo y es aquí donde la planta invierte casi toda la energía en su respiración (Garcidueñas, 1994).

Los nitritos se forman por la oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en el medio acuático o terrestre, o por la reducción del nitrógeno en el medio acuático o terrestre, o por la reducción bacteriana del nitrato. Son productos intermedios del ciclo completo de oxidación-reducción y solo se encuentran presentes en condiciones de baja oxidación. El nitrito en comparación con el nitrato es menos soluble en agua y menos estable (García *et al.*, 1994)

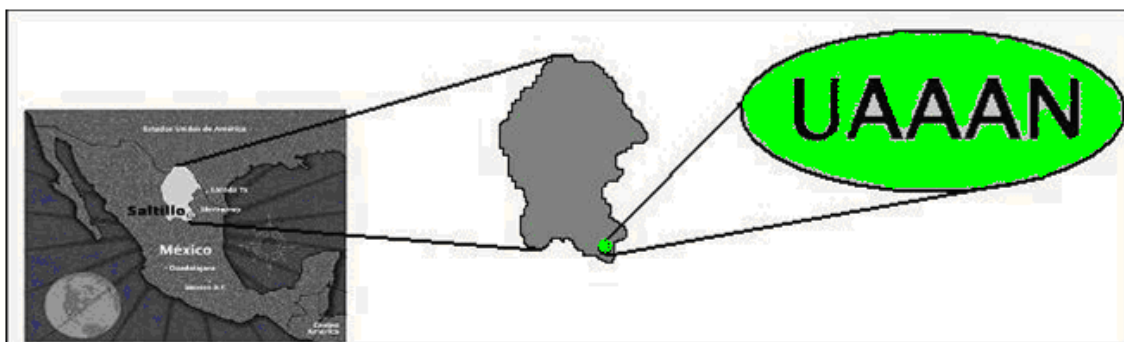
El nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) presenta una gran movilidad en el suelo, por acción del agua; se pierde por lixiviación debido a su solubilidad y se concentra en la superficie por capilaridad (Worthen y Aldrich, 1980).

## V. MATERIALES Y METODOS.

### 5.1. Materiales

#### 5.1.1. Localización del sitio experimental.

La presente investigación se llevó a cabo dentro del Área Experimental del Departamento de Ciencias del Suelo, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25°23' 42" Latitud Norte y 101°50' 57 " Longitud Oeste, y con una altura media sobre el nivel del mar de 1742 metros. La investigación se realizó en el transcurso de los meses de junio-julio del 2006.



**Figura 1.** Ubicación del sitio experimental.

El suelo utilizado proviene de la región Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León, que se localiza en las coordenadas geográficas 25°21' 23" Latitud Norte y 100°21' 26" Longitud Oeste, a una altura aproximada de 1700 metros sobre el nivel del mar.



**Figura 2.** Ubicación del sitio donde procede el suelo en estudio.

### 5.1.2. Características del Sitio Experimental

De acuerdo con la clasificación de Koppen modificada por García (1973), la UAAAN se encuentra dentro de la clasificación del tipo  $B_{S_1}Kx^1$  que corresponde a clima seco, semiseco templado con lluvias escasas durante todo el año, con más de 18% de precipitación invernal, con respecto al anual total de 350 – 500 mm.

La región de Navidad, municipio de Galeana, Nuevo León, de acuerdo con la clasificación de Koppen modificada por García (1973), corresponde al tipo  $BS_1Kx(e')$ , lo cual indica, clima seco, templado, muy extremo, con lluvias todo el año, Mendoza (1983) menciona que la temperatura promedio anual es de 14.3 °C, con máximas extremas de 40 °C y mínimas de -15 °C en el mes de enero.

La precipitación media anual es de 516 mm distribuidos entre los meses de abril a octubre donde ocurre el 79% del total anual. La evaporación media anual es de 1,116.7 mm, siendo el mes de agosto el de mayor evaporación.

Los suelos se caracterizan por ser de textura migajón limoso, profundos, localizados en valles a extensas llanuras. Poseen bajo contenido de materia orgánica, pH medianamente alcalino. Medianamente ricos en fósforo asimilable y extremadamente ricos en potasio intercambiable, sin embargo son pobres en nitrógeno.

### 5.1.3. Materiales utilizados.

#### 5.1.3.1 Suelo.

Se trabajo con suelo proveniente de la región Navidad municipio de Galeana, Nuevo León, presentando las siguientes características físicas y químicas como se muestra en el cuadro 4:

**Cuadro 4:** Características físicas y químicas del suelo en estudio.

Fuente: Laboratorio de Física de Suelos.

---

<b>Clase Textural</b>	
Arena=55%	Migajón Arenoso
Limo=35%	
Arcilla=10%	
<b>Densidad Aparente</b>	0.9795 g cc <sup>-1</sup>
<b>Densidad de Sólidos</b>	2.27 g cc <sup>-1</sup>
<b>Ph</b>	8.2
<b>Materia Orgánica</b>	2.38%
<b>Conductividad Eléctrica</b>	2.94 mmhos cm <sup>-1</sup>
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico</b>	0.24 meg 100g <sup>-1</sup>
<b>Capacidad de Campo</b>	32.37
<b>Punto de Marchites Permanente</b>	17.59

---

## **5.2. Mejoradores**

### **5.2.1. Zeolitas**

Las zeolitas son un grupo de minerales cristalinos, con una composición que puede definirse como aluminosilicatos hidratados de cationes alcalinos o alcalino-térreos: sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), estroncio (Sr) y bario (Ba).

Se caracterizan por tener estructuras abiertas formadas por armazones tridimensionales infinitos constituidos por tetraedros de sílice y alúmina, entre los cuales los iones alcalinos y alcalinotérreos ocupan sitios intersticiales y las moléculas de agua se encuentran ocluidas. Como las estructuras son diferentes para cada especie y el agua puede extraerse sin que éstas colapsen, las zeolitas se pueden utilizar como “tamices moleculares” de diferentes mallas, los cuales tienen gran capacidad de retención para la purificación de fluidos. Complementariamente tienen la propiedad de intercambiar los cationes que las componen, por otros diferentes contenidos en una solución en contacto. Mumton. F. 1977

### **5.2.2. Ácidos Húmicos H-85**

Ácidos húmicos y fúlvicos al 85% de alta concentración y suspendibilidad, desarrollado para aplicaciones en fertirriego.

Facilita la adición de materia orgánica de alta concentración para optimizar su cultivo.

Ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica, influye la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua. Ácidos húmicos contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo resultando en crecimiento excepcional de la planta y en el incremento en la absorción de nutrientes.

### **5.2.3. Fertigro N**

Fertilizante líquido orgánico, de la empresa COSMOCEL, su concentración es de 30.2% de nitrógeno del cual 20 - 22% es amoniacal, 39 – 41% es nítrico y 37 – 39% ureico. Contiene 73% de humus, el pH es de 6.5 y densidad de 1.21 gr cc<sup>-1</sup>

### **5.2.4. Nitrato de Amonio (NO<sub>3</sub> NH<sub>4</sub>)**

Fertilizante sólido, granulado, es una sal neutra de color blanco cremoso, altamente higroscópico (20 °C = 33.1; a 30 °C = 40.6 y a 40 °C = 47.5), su concentración es de 33.5% de N (50% amoniacal y 50% nítrico), es muy soluble en agua. Tiene residualidad ácida, con un índice de 60, y la más alta residualidad salina de todos los fertilizantes nitrogenados, el índice de salinidad es de 105. Densidad aparente: 1.1 más o menos (94 litros por 100 Kg.). Solubilidad: A 20 °C, en 100 litros de agua pueden disolverse 192.3 kg de nitrato amónico.

### **5.2.5. Columnas de Suelo**

En Material PVC de 3" de diámetro, peso de suelo: 7.36 kg, a 40 cm de altura. Dichas columnas se colocaron sobre columnas de grava y dentro de recipientes contenedores para obtener los lixiviados.

### **5.2.6. Columnas de grava**

Se colocaron en la base de las columnas de suelo, forradas con tela de tul (muy porosa), y se sujetaron con alambre.

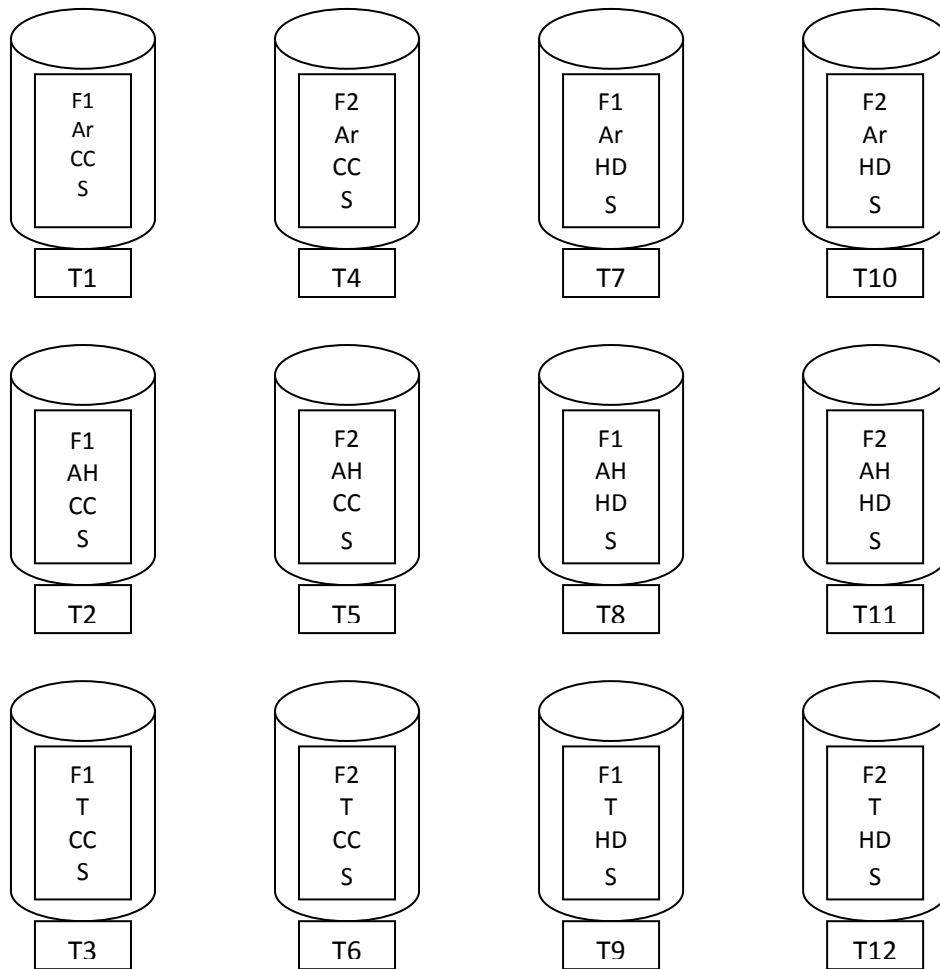
### **5.2.7. Agua destilada**

Con pH = 7.0 y conductividad eléctrica = 0.00 ms cc<sup>-1</sup>, el motivo por el cual se utilizó este tipo de agua es para no influir en la cantidad de sales e impurezas y obtener resultados confiables.

### 5.3. Metodos.

#### 5.3.1. Caracterización de las Unidades Experimentales

Se trabajo con 12 unidades experimentales y 3 repeticiones dando un total de 36 unidades experimentales, distribuidas como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Distribución de las unidades experimentales.



Donde:

F1 = Nitrato de Amonio (sólido)	600 ppm en 2 aplicaciones de 300 ppm
F2 = Fertigro N (líquido)	600 ppm en 2 aplicaciones de 300 ppm
Ar = Ceolita	8 gr
AH = Ácidos húmicos H-85	0.8 gr
CC = Capacidad de campo	
HD = Humedad disponible	
S = Suelo	7.36 kg
T = Testigo	

**Cuadro 5.** Descripción de solución y dosis de fertilizantes utilizados.

<b>Total Nitratos (ppm)</b>	<b>Condición</b>	<b>Producto</b>	<b>Cantidad de Fertilizante</b>
600	Capacidad de Campo	Nitrato de Amonio	404.43 kg
600	Humedad Disponible	Nitrato de Amonio	404.43 kg
600	Capacidad de Campo	Fertigro N	448.62 lt
600	Humedad Disponible	Fertigro N	448.62 lt

### 5.3.2. Descripción de Tratamientos

El cuadro muestra en qué consiste cada uno de los tratamientos utilizados en la investigación.

**Cuadro 6.** Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T <sub>1</sub>	404.43 kg de nitrato de amonio + 8 gr de zeolita + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de capacidad de campo.
T <sub>2</sub>	404.43 kg de nitrato de amonio + 2 kg ha <sup>-1</sup> ácidos húmicos +7.36 kg suelo; bajo condiciones de capacidad de campo.
T <sub>3</sub>	404.43 kg de nitrato de amonio + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de capacidad de campo.
T <sub>4</sub>	448.62 lt de Fertigro N + 8 gr de zeolita + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de capacidad de campo.
T <sub>5</sub>	448.62 lt de Fertigro N + 2 kg ha <sup>-1</sup> ácidos húmicos + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de capacidad de campo.
T <sub>6</sub>	448.62 lt de Fertigro N + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de capacidad de campo.
T <sub>7</sub>	404.43 kg de nitrato de amonio + 8 gr de zeolita + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de humedad disponible.
T <sub>8</sub>	404.43 kg de nitrato de amonio + 2 kg ha <sup>-1</sup> ácidos húmicos + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de humedad disponible.
T <sub>9</sub>	404.43 kg de nitrato de amonio + 7.36 kg suelo; condiciones de humedad disponible.
T <sub>10</sub>	448.62 de Fertigro N + 8 gr de zeolita + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de humedad disponible.
T <sub>11</sub>	448.62 lt de Fertigro N + 2kg ha <sup>-1</sup> ácidos húmicos + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de humedad disponible.
T <sub>12</sub>	448.43 lt de Fertigro N + 7.36 kg suelo; bajo condiciones de humedad disponible.

### 5.3.3. Descripción del Diseño experimental.

El trabajo realizado contemplo un diseño experimental bloques al azar.

En este diseño, los tratamientos se asignan aleatoriamente a un grupo de unidades experimentales denominado bloque o repetición.

Ventajas

Es fácil de analizar, extrae del error experimental la variación debida a los bloques además de la variación debida a tratamientos.

### 5.4. Parámetros de evaluación.

**Cuadro 7. Características Químicas.**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)</b>	Estos resultados se obtuvieron mediante el porcentaje de materia orgánica y porcentaje de arcilla.
<b>Potencial Hidrogeno (pH)</b>	Se tomaron lecturas en Potenciómetro Hanna, en el Laboratorio de Física de Suelos del Departamento de Ciencias del Suelo.
<b>Salinidad</b>	Se obtuvo por medio de la conductividad eléctrica
<b>Conductividad eléctrica (CE)</b>	Se obtuvo mediante lecturas en Conductivímetro Hanna HI 9033, en el Laboratorio de Física de Suelos del Dpto. de Ciencias del Suelo.

**Cuadro 8.** Características físicas.

<b>PARAMETRO</b>	<b>METO DO</b>
<b>Da</b>	Los resultados se obtuvieron por el método de la probeta, en el laboratorio de física de suelos del departamento de ciencias del suelo.

## **5.5. Cronología del Experimento**

La realización del presente experimento se llevo a cabo en tres etapas:

### **5.5.1. Primera etapa:**

#### **5.5.1.1. Planeación**

En el mes de junio de 2006, se diseño la planeación del experimento antes de establecer en campo, realizando los cálculos correspondientes; cantidad de suelo, arcilla, ácidos húmicos, agua y dosis de fertilizantes, además de establecer el número de tratamientos, unidades experimentales y repeticiones necesarias. De acuerdo a las características del experimento se tomo la decisión de trabajar con el diseño experimental Bloques al Azar.

### **5.5.2. Segunda etapa:**

#### **5.5.2.1. Trabajo de Campo**

Una vez planeado el experimento se procedió a instalar el material de trabajo en el Área de Investigación, se colocaron las columnas de material PVC, (3" de diámetro) en recipientes de plástico con una columna de grava en la base la cual se cubrió con tela de tul, con la finalidad de coleccionar los lixiviados en el recipiente. Se agregó el suelo y los tratamientos anteriormente descritos.

### **5.5.3. Tercera etapa:**

#### **5.5.3.1. Análisis**

Finalmente se realizaron los análisis de suelo y agua (lixiviados), en el Laboratorio de Física de Suelos del Departamento de Ciencias del Suelo y en A & L Southern Agricultural Laboratories, Inc., Florida, EUA, como ya se mencionó.

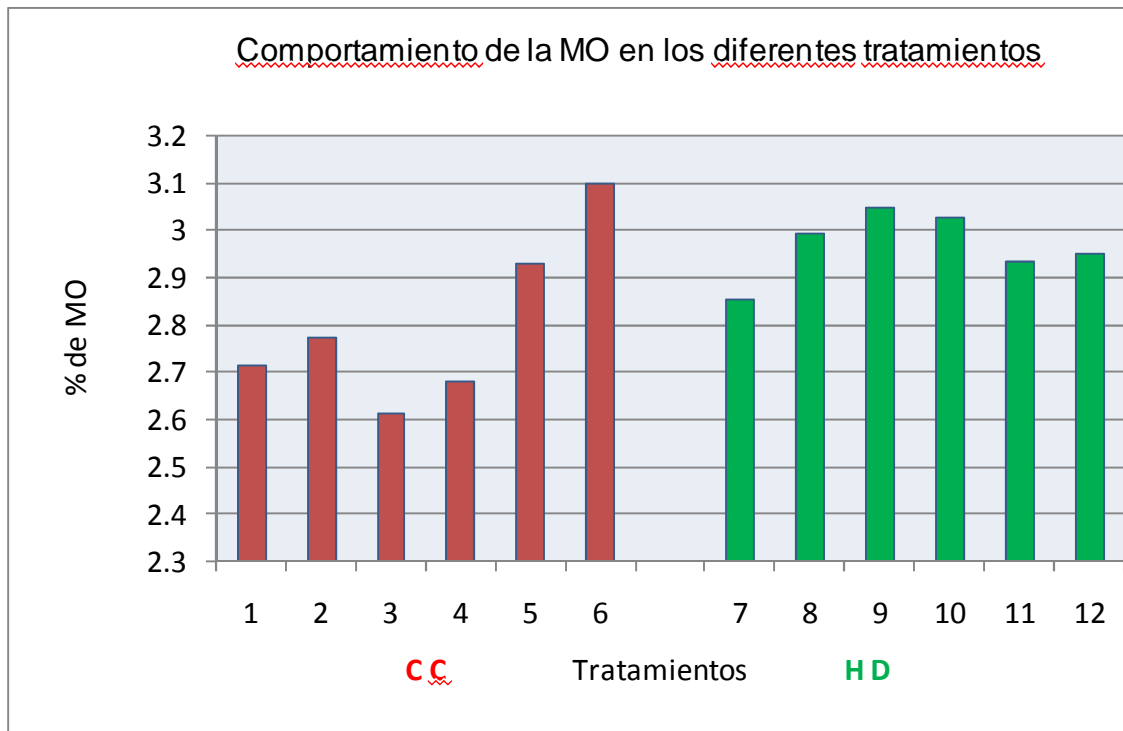
## **VI. Resultados y Discusión.**

**6.1.** Comparación del porcentaje de Materia Orgánica (%) a Capacidad de Campo (CC) y Humedad Disponible (HD) en los diferentes tratamientos.

Como podemos observar en la Gráfica 1. Se muestran 12 tratamientos, los primeros 6 están bajo condiciones a Capacidad de Campo (CC) y los 6 restantes están a Humedad Disponible (HD); los tratamientos 3, 6, 9 y 12 son testigos, cabe señalar que los 6 tratamientos a CC tienen una repetición cada uno a HD, por lo que la diferencia es la humedad.

Lo que corresponde a M.O. se puede observar que el comportamiento estadístico conforma grupos, ya que existen diferencias significativas los cuales son: (6), (9,10, 8), (12, 11, 5), (7), (2), (1,4) y el grupo (3); siendo el tratamiento 6 el de mayor contenido (ver gráfica 1). Sin embargo, podemos mencionar que el hecho de diferenciarse en el contenido de humedad, de acuerdo a la gráfica se observa que el T6 y T9 son superiores a todos los tratamientos, pero si analizamos detalladamente nos daremos cuenta que el mejor tratamiento es el T6 (3.1) y su repetición T12 (2.9) por que la variación es mínima a comparación del T9 (3) y su repetición T3 (2.6) ya que entre ellos interviene la humedad.

Podemos decir que el testigo T6 (con Fertigro N) supera a los demás tratamientos en las dos condiciones de humedad, seguido del testigo T9 (con nitrato de amonio); esto quiere decir que los fertilizantes orgánicos (Fertigro N) más suelo aumenta el contenido de materia orgánica en las dos condiciones de humedad a comparación de los demás tratamientos que son mezclados con fertilizantes químicos (nitrato de amonio)

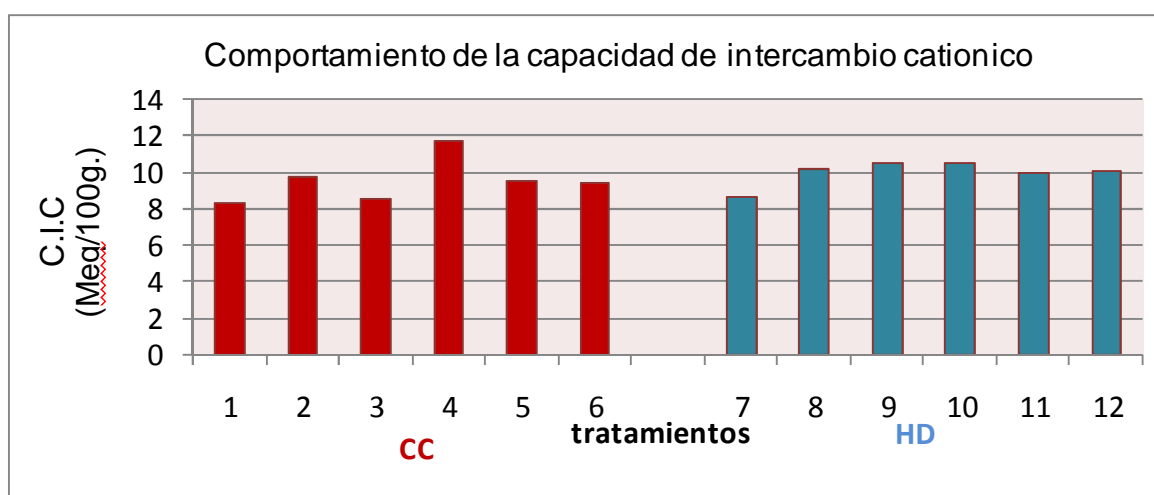


**Grafica 1.** Porcentaje de Materia Orgánica en los 12 tratamientos incluyendo los testigos.

## 6.2. Comportamiento de la Capacidad de Intercambio Catiónico a Capacidad de Campo (CC) Y Humedad Disponible (HD).

Como se observa en la Grafica 2. Los tratamientos T4 y T9 son superiores a los demás tratamientos, pero el mejor es el T4 con un valor de 11.7 con su repetición T10 con un valor de 10.483 por que la variación fue mínima, a comparación del T9 (10.485) y su repetición T3 (8.526) en la cual intervino la humedad.

También podemos decir que los fertilizantes orgánicos reaccionan mejor con la zeolita (T4 = Fertigro N + zeolita + suelo) por que superan a los testigos en las dos condiciones de humedad.



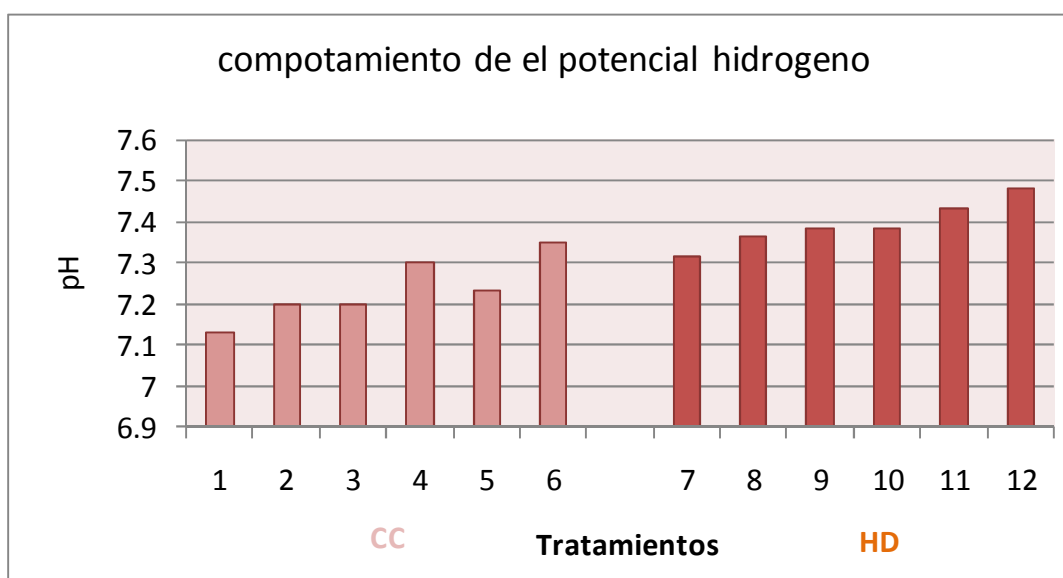
**Grafica 2.** Comportamiento de la capacidad de intercambio Catiónico



### 6.3. Comportamiento del pH en los niveles de humedad.

Como se observa en la grafica 3 una variación del pH en todos los tratamientos ya que interviene las condiciones de humedad; pero cabe mencionar que el pH del suelo de origen era de 8.2 el cual corresponde a moderadamente alcalino, disminuyo a ser un suelo con un pH entre 7-7.5 corresponde a muy ligeramente alcalino, el cual nos favorece por que esta dentro del margen de tener un excelente pH para el desarrollo de las plantas.

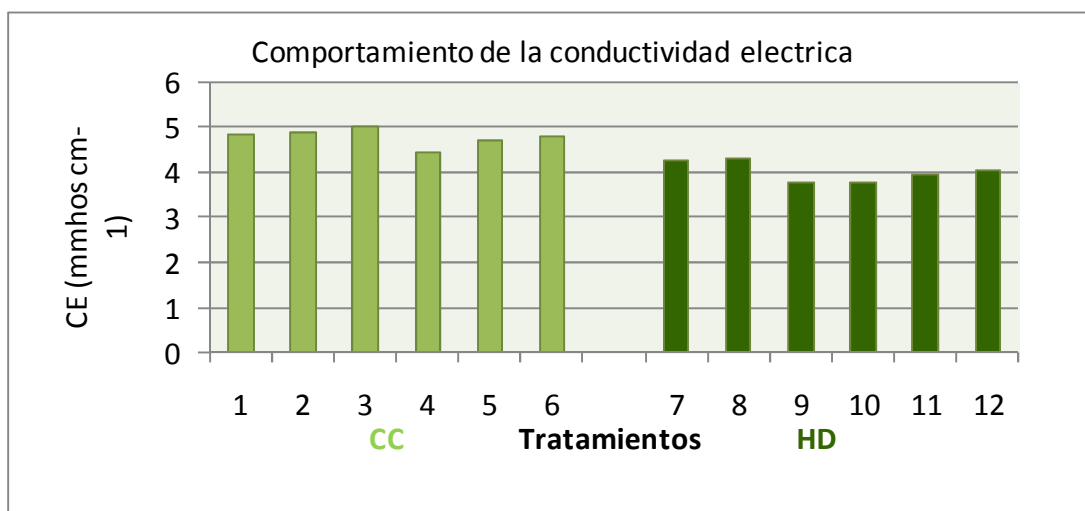
Por lo cual podemos decir que todos los tratamientos intervienen positivamente en el suelo. También podríamos señalar que la disminución del pH se debió a la lixiviación de sales que posteriormente serán señalados.



**Grafica 3.** Comportamiento del potencial Hidrogeno (pH)

#### 6.4. Comportamiento de la conductividad eléctrica en los dos niveles de humedad.

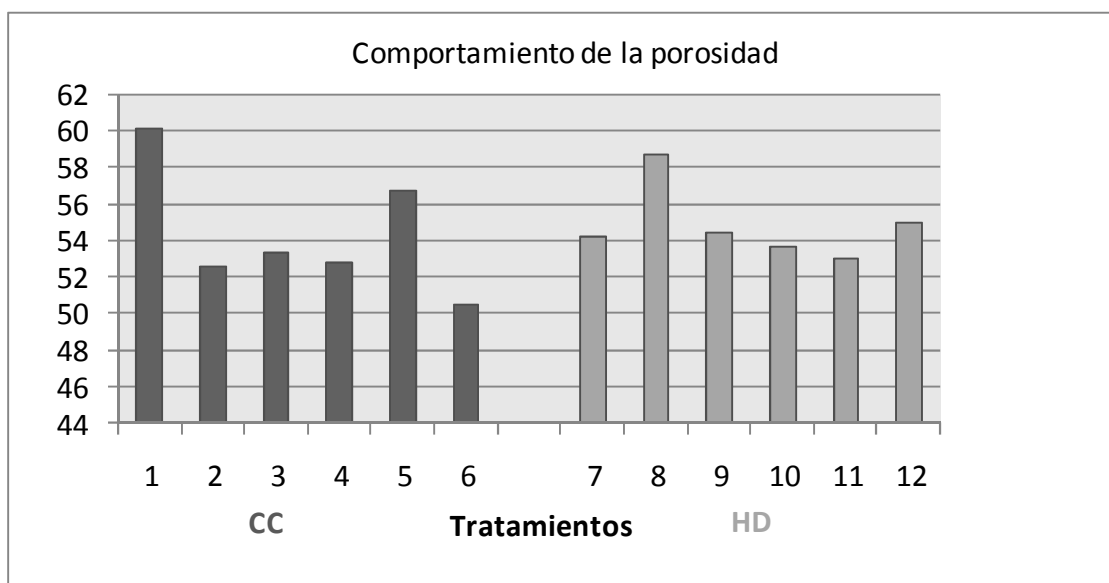
La Grafica 4 muestra los resultados obtenidos para la variable conductividad eléctrica, donde se observa que el mayor contenido de sales lo tiene el tratamiento T3 donde se utilizó fertilizante químico, y en el tratamiento T2 que consta de fertilizante químico y ácidos húmicos. Si comparamos los tratamientos donde se utilizó fertilizante químico, con los tratamientos compuestos con fertilizante orgánicos, el contenido de sales es mayor en los tratamientos con fertilizante químico; el tratamiento T1 con un valor de 4.85, contiene mas sales comparado con el tratamiento T4 con un valor de 4.43, al igual el tratamiento T2 con el tratamiento T5 y el tratamiento T3 con el tratamiento T6; todo esto es a capacidad de campo. Lo mismo pasa a humedad disponible a excepción del tratamiento T9 y el tratamiento T12 aquí interviene la humedad.



**Grafica 4.** Comportamiento de la Conductividad Eléctrica (CE) en función de la capacidad de campo y humedad disponible.

### 6.5. Comportamiento de la porosidad en los dos niveles de humedad.

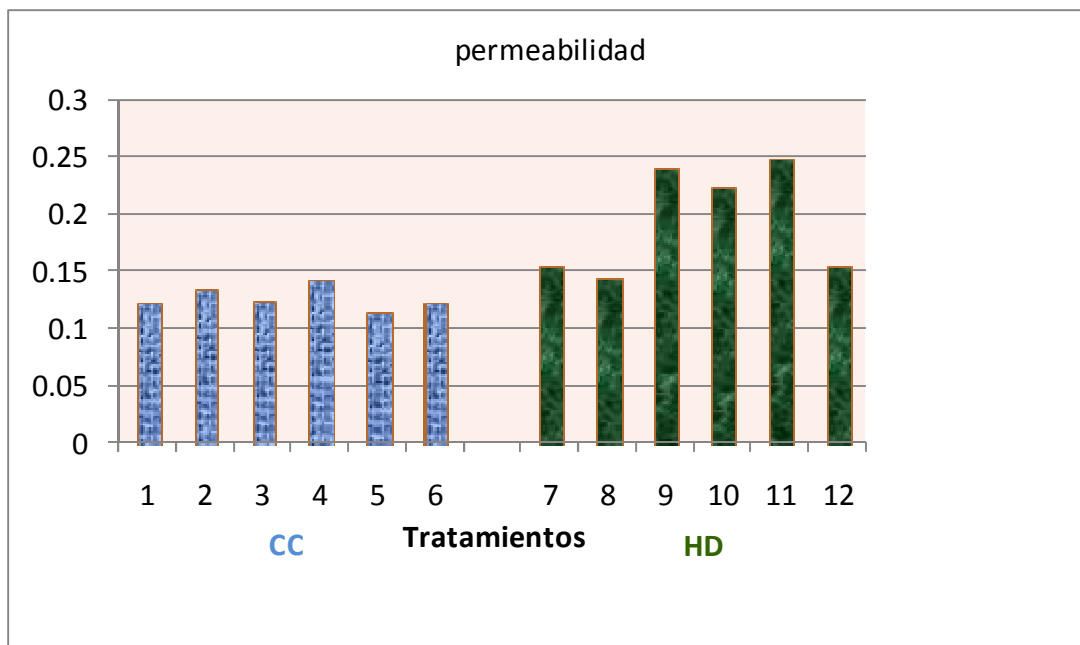
Como podemos ver en la Grafica 5 nos muestra el comportamiento de la variable porosidad del suelo, donde el tratamiento T1 es el mas alto a comparación de el tratamiento T6 que es el mas bajo, el tratamiento T1 esta compuesto por fertilizante químico y zeolita, y el tratamiento T6 por fertilizantes orgánicos (Fertigro N). Si analizamos detallada mente y comparamos los tratamientos a CC con sus respectivas repeticiones a HD existen variaciones, podemos decir que, la porosidad es un factor que interviene en la humedad del suelo; por ejemplo en el tratamiento T1 con un valor de 60.16, es mayor que el tratamiento T7 con un valor de 54.25, siendo las mismos tratamientos pero en diferente condiciones de humedad.



**Grafica 5.** Comportamiento de la porosidad y su efecto sobre la capacidad de campo y humedad disponible.

### 6.6. Comportamiento de la permeabilidad.

El resultado de la permeabilidad varía entre los tratamientos como se muestra en la Grafica 6. A simple vista podemos decir que las condiciones de humedad fue el factor primordial por el cual hubieron variabilidad entre ellos, si analizamos detalladamente todos los tratamientos a HD fueron superiores a todos los que estuvieron en condiciones de CC, esto se debe que a humedad disponible existe mas movimiento del agua que a capacidad de campo.

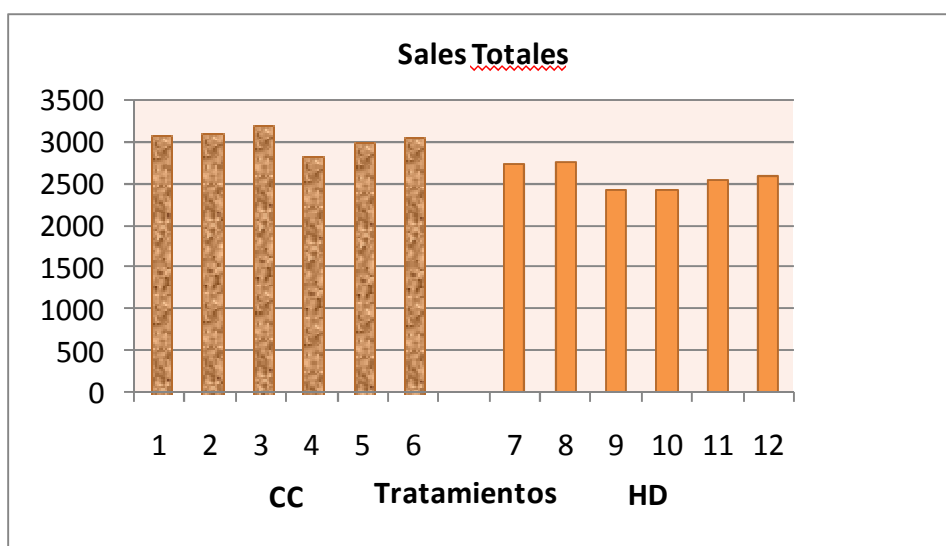


**Grafica 6.** Comportamiento de la permeabilidad a capacidad de campo y humedad disponible.

### 6.7. Comportamiento de las sales totales en todos los tratamientos.

En la Grafica 7 se muestra la cantidad de sales totales en el suelo de todos los tratamientos, siendo el tratamiento T3 con 3221, el valor más alto seguido del tratamiento T2 con un valor de 3131, a comparación del tratamiento T4 con un valor de 2837, siendo el mas bajo, esto es a CC y mientras que a HD el tratamiento T8 con un valor de 2789, es el mas alto y siendo mas bajo el tratamiento T9 con un valor de 2428, esto quiere decir que la humedad si interviene.

Pero si analizamos detalladamente los tratamientos con mas sales son los que están compuestos con fertilizantes químicos tratamiento T3 (nitrato de amonio) por si solo y también mezclado con ácidos húmicos tratamiento T8 (fertilizante orgánico) es decir que existe una reacción antagónica que hace aumentar las sales totales en el suelo y además altera la conductividad eléctrica como se muestra en la grafica 4; y siendo los mejores tratamientos T4 que contiene fertilizante orgánico (Fertigro N + zeolita) y el tratamiento T10 siendo su repetición a HD en el cual no existe una gran variación es decir no interviene la humedad.



Grafica 7. Sales totales.

## VII. Conclusiones.

Considerando los objetivos planteados, las hipótesis establecidas y los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

En el presente estudio se cumplieron satisfactoriamente con los objetivos planteados;

1. Determinar la interacción de los ácidos húmicos con fertilizantes orgánicos e inorgánicos
2. Determinar la salinidad del suelo por la acción de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos (como se muestra en la grafica 4) donde se demostró que los fertilizantes químicos por si solos y mezclados con los ácidos húmicos incrementan la salinidad del suelo a capacidad de campo.
3. También interviene negativamente en la capacidad de intercambio Catiónico (ver grafica 2).
4. Así también se concluye que el fertilizante orgánico (Fertigro N) por si solo incrementa el porcentaje de materia orgánica a CC (ver grafica 1) y mezclado con zeolita (arcilla) incrementa la capacidad de intercambio catiónico (ver grafica 2) y disminuye la conductividad eléctrica (ver grafica 4), por lo consiguiente el contenido de sales es menor (ver grafica 7).
5. Dado que  $F_{calculada}$  fue mayor que  $F$  de tabla se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternante ( $H_i$ ), de que al menos un tratamiento. Para las variables de estudio: materia orgánica (MO), capacidad de intercambio Catiónico (CIC), potencial hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), porosidad y permeabilidad del suelo; ver ANVA en anexos (cuadro 9, 10, 11, 12,13 y14).

### VIII. Literatura citada.

- Bear F. E. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. 1ª edición. Editorial omega, S. A. Barcelona España.
- Buckman H. O. y Brandy N. C. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. 3ªreimpresión. Editorial hispano americana, S. A. de C.V. México D. F.
- Cepeda D.J.M. 1985. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México.
- Chen, Y. and T. aviad. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: "Humic substances in soil and crop sciences: selected reading". Edts. C.E. MacCarthy, R.L. clap, P.Malcom and P.R.Blom. Wisconsin. U.S.A. Pp 161-186.
- Felbeck, G.T. 1971. Structructural Chemistre of soil Humic Substances advances in agronomic, volume 17 academic press.
- Garcidueñas R. M. 1994. De la vida de las plantas y de los Hombres.1ª reimpresión. Editorial fondo de cultura económica S.A. de C.V. México D.F.
- Kanonova, M. M. 1972. Current problema of organic matter. Organicheskoes Veschestuo Ts elinnyky Y Osvonnykh Pochu. Moscou, Russia.
- Lavado R.S. 2001. Aguas y Sustratos para la Producción Ornamental. Ediciones New Plan.
- Lu, X. and Koilde, R.T, 1994. The efects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. New phu tol. 128:211-218.
- MacCarthy, C.E; Clapp, R.L. Malcom and P.R. Blom (ets), 1990. Umic Substances in soil and crop Sciences: Celected Readings Am. Soc. Agron. Inc; Madison Wiscounsin. U.S.A.
- Mesa, M.A.1995. Evaluación de los acidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis e el cultivo de frijol ejtero (Phaseolus Vulgaris L.) tesis de

licenciada de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro."  
Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Narro, F.E.A.1987. Física de suelos con enfoque agrícola. Universidad autónoma agraria Antonio narro Buenavista, saltillo, Coahuila, México. Pp. 13-18.

1997. Nutrición y Sustancias Húmicas en el cultivo de la papa. In. Foro de investigación. Investigaciones en el cultivo de la papa. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, Mexico. Sequi, p. 1978. humic substances:general influences on soil fertity golden west, chemical distributors,inc.merced California.

Neiman R.H. y M.C. SHANNON. 1976. Screening plants for salinity tolerance. In problem soils. Editado por Madison J. Wright.

Omega Agroindustrial, 1989. Departamento de Investigación y Desarrollo. Saltillo, Coahuila, México. S.A. de C.V.

Ortiz V. B., Ortiz S. C. A. 1990. Edafología. 7ª edición. Editorial universidad autónoma de chapingo.

Palomares, R. 1990. Revista frutos, No. 12, año 04, C.N.P.H. México.

Peña, I. de la.1980. Salinidad de Suelos Agrícolas su Origen, Clasificación, Prevención y Rehabilitación. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Reimpresiones. México D.F.

Pizarro. F.1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de suelos salinos. Agrícola española. P. 521 Madrid España.

Ram. N. and Raman, K. V, 1983. Characterisation of metal Humic and Fulvic acid complex. Pedologie, 33 (2) 137-145. Departament of soil Sciences, G.V. plant Univercity of agriculturæ, India.



Rodríguez S. F. 1982. Fertilizantes Nutrición Vegetal. A.G.T. Editor, S. A. México D.F.

Seoáñez C. M.1999. Ingeniería del Medio Ambiente Aplicada al Medio Natural Continental. 2ª Edición, Ediciones Mundi-presa. Madrid, Barcelona.

Sequi, P. 1978. Humic substances: General influences on soil Fertility Golden West, chemical Distributors, Ing.Merced California.

Tamhane Motiramani, Bali, Donahue., 1986. Suelos Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. 4ª impresión. Editorial Diana, México D. F.

Tapia, G. I, 1989. Influencia de las sustancias Humicas Sobre el Crecimiento y Producción de Cultivo de Jitomate en Condiciones de Hidroponia en Invernadero. Tesis de Licenciatura, Chapingo México.

Yañes V. C. 1993. Como Viven las Plantas. 4ª reimpression. Editorial Fondo de Cultura Económica. S. A. de C. V. México D. F.

Worthen and Aldrich. 1980. Suelos Agrícolas, su Conservación y Fertilizacion. 2ª edición. Editorial Hispano Americana S.A. de C.V. México D.F.

<http://cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/viii.html>

<http://www.jmarcano.com/bosques/threat/deforesta.html>

<http://www.monografias.com/trabajos14/deforestacion/deforestacion.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Deforestaci%C3%B3n>

<http://images.google.com.mx/imgres?imgurl>

<http://josegenao.files.wordpress.com/2007/05/imageashx.jpg&imgrefurl>

## IX. Anexos

### PARAMETRO MATERIA ORGÁNICA.

GRUPOS	MEDIA	TRAT
A	3.10267	6
A		
B A	3.04867	9
B A		
B A	3.02867	10
B A		
B A	2.99367	8
B A		
B A C	2.95333	12
B A C		
B A C	2.93700	11
B A C		
B A C	2.93000	5
B C		
B D C	2.85600	7
D C		
E D C	2.77600	2
E D		
E D	2.71667	1
E D		
E D	2.68333	4
E		
E	2.61333	3

**Cuadro 9. Anva de Materia Orgánica.**

FV	DF	SC	CM	F cal	F tab
TRAT	35	2.35506111	0.06728746	2.44	0.0046
ERROR	36	0.99132800	0.02753689		
TOTAL	71	3.34638911			

C.V=5.748694

## PARAMETRO CAPASIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.

GRUPO	MEDIA	TRAT
A	11.700	4
A		
B A	10.485	9
B A		
B A	10.483	10
B A		
B A C	10.235	8
B A C		
B A C	10.093	12
B A C		
B A C	10.007	11
B A C		
B A C	9.793	2
B C		
B C	9.585	5
B C		
B C	9.468	6
B C		
B C	8.695	7
B C		
B C	8.526	3
C		
C	8.367	1

**Cuadro 10. Anva de la Capacidad de Intercambio Cati3nico.**

FV	GL	SC	CM	F cal	F tab
TRAT	35	153.7122415	4.3917783	1.42	0.1490
ERROR	36	111.1970460	3.0888068		
TOTAL	71	264.9092875			

C.V=17.95857

## PARAMETRO POTENCIAL HIDROGENO (P H)

GRUPO	MEDIA	TRAT
A	7.48333	12
A		
B A	7.43333	11
B		
B C	7.38333	10
B C		
B C	7.38333	9
B C		
B C	7.36667	8
B C		
B C	7.35000	6
C		
D C	7.31667	7
D C		
D C	7.30000	4
D		
D E	7.23333	5
E		
F E	7.20000	3
F E		
F E	7.20000	2
F		
F	7.13333	1

**Cuadro 11. Anva del potencial hidrogeno.**

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab
TRAT	35	0.91819444	0.02623413	4.02	<.0001
ERROR	36	0.23500000	0.00652778		
TOTAL	71	1.15319444			

C.V=1.104465

**PARAMETRO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.**

GRUPO	MEDIA	TRAT
A	5.0333	3
A		
B A	4.8933	2
B A		
B A	4.8500	1
B A		
B A	4.8217	6
B A		
B A	4.7033	5
B A		
B A C	4.4333	4
B C		
B C	4.3117	8
B C		
B C	4.2683	7
C		
C	4.0533	12
C		
C	3.9750	11
C		
C	3.8000	10
C		
C	3.7950	9

**Cuadro 12. Anva de la conductividad eléctrica.**

FV	GL	SC	CM	F cal	Ftab
TRAT	35	27.67828194	0.79080806	2.58	0.0029
ERROR	36	11.03505000	0.30652917		
TOTAL	71	38.71333194			

C.V=12.55009

**PARAMETRO POROSIDAD.**

	GRUPO	MEDIA	TRAT
	A	60.168	1
	A		
B	A	58.725	8
B	A		
B	A C	56.752	5
B	A C		
B	D A C	54.973	12
B	D A C		
B	D A C	54.463	9
B	D A C		
B	D A C	54.250	7
B	D C		
B	D C	53.695	10
B	D C		
B	D C	53.358	3
B	D C		
B	D C	53.060	11
B	D C		
B	D C	52.798	4
	D C		
	D C	52.508	2
	D		
	D	50.493	6

**Cuadro 13. Anva de porosidad.**

FV	GL	SC	CM	F cal	F tab
TRAT	35	1144.346237	32.695607	1.24	0.2609
ERROR	36	948.268050	26.340779		
TOTA	71	2092.614287			

C.V=9.399221

## PARAMETRO PERMEABILIDAD.

GRUPO	MEDIA	TRAT
A	0.25001	11
A		
A	0.24193	9
A		
A	0.22639	10
B	0.15691	7
B		
B	0.15619	12
B		
B	0.14579	8
B		
B	0.14404	4
B		
B	0.13655	2
B		
B	0.12586	3
B		
B	0.12469	1
B		
B	0.12404	6
B		
B	0.11509	5

### Cuadro 14. Anva de permeabilidad.

FV	GL	SC	CM	F cal	F tab
TRAT	35	0.22969772	0.00656279	5.01	<.0001
ERROR	36	0.04714738	0.00130965		
TOTAL	71	0.27684510			

C.V.=22.29698