



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



**APLICACIÓN DE LIGNITOS NACIONALES PARA EL  
MEJORAMIENTO DE SUELOS AGRÍCOLAS:  
ESTUDIOS EN MICROCOSMOS**

Trabajo Especial de Grado como requisito parcial para obtener el Título de  
Licenciada en Química

Tutor: Prof. Arnaldo Armado

Realizado por: Susan Piñero

Octubre, 2012

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todopoderoso y mi Nazareno de Achaguas por guiar mi camino y acompañarme en cada paso de mi diario trajinar.

A mis padres por todo su apoyo, por sus palabras de aliento y motivación que me ayudaron a crecer como ser humano.

A la Empresa PROMIVECA, en la persona del Licenciado Francisco Zambrano por suministro de los lignitos y reactivos para el desarrollo de este trabajo.

A mis hermanos Manuel José, Trina Dayana, por su comprensión y ayuda en momentos de angustia y desespero.

A mis amigos Lesbia, por su apoyo incondicional, por comprenderme y ser una excelente persona, a Francisco quien me ayudo en los últimos momentos de realización de este trabajo, a las asistentes de laboratorio Beatriz y Diolaidis por todo su apoyo.

A mi tutor y amigo Prof. Arnaldo por guiarme en la realización de este trabajo y apoyarme grandemente en mis deseos de superación, quien académicamente me compartió muchas experiencias aleccionadoras, en el plano personal por ser excelente ser humano, personas como el necesita este país para avanzar en bienestar y progreso, le auguro mucho éxito siempre.

A mis familiares a mis tías en especial a Eleida, a mis padrinos a mis abuelos maternos a todas las personas que me colaboraron siempre cuando necesité de su ayuda.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO

FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Trabajo Especial de Grado

## **APLICACIÓN DE LIGNITOS NACIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS AGRÍCOLAS:**

### **ESTUDIOS EN MICROCOSMOS**

**Br. Susan Piñero**

#### **RESUMEN**

El lignito comúnmente pudiera ser usado como enmienda orgánica el objetivo de esta investigación, consistió en evaluar los efectos de la aplicación de distintas dosis de lignitos sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos agrícolas a nivel de microcosmos. Para ello se incubaron 12 microcosmos de suelo, previamente caracterizado por un periodo de 2 meses. A cada microcosmos de suelo se agregó lignito por duplicado de manera en la proporción de (0, 2, 4, 6, 12, 20 % p/p), (0,8, 16, 24, 48, y 80) g lignito, y así determinar las propiedades físicas químicas y biológicas de cada uno de los tratamientos aplicados a los sistemas. Para los parámetros físicos los valores de la capacidad de campo oscilaron entre (43,49-46,3)% y las propiedades químicas en cuanto a pH en relación (1:2), se obtuvo valores entre (4,94-5,89), la conductividad eléctrica (CE) se obtuvo valores en un rango de (100-300mS/cm), los valores de materia orgánica del suelo (MOS) oscilaron entre (4,82-20,66%), los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC), entre (13,73-25,5cmol/kg), los valores obtenidos de Nitrógeno Total (Nt) (0,08-5,88) mg/kg. Para el caso de los parámetros de la actividad microbiológica los valores de respiración basal (RB) oscilaron entre (1,48-1,86 gCO<sub>2</sub>/kg día) los valores de biomasa microbiana obtenidos (85,78-130,86 mgCmic/kgss), los valores de coeficientes metabólicos qCO<sub>2</sub>, oscilaron entre (0,00048-0,00075). Se obtuvo correlación de los parámetros químicos y biológicos con respecto a los diferentes tratamientos de lignitos una vez aplicados los diferentes tratamientos de lignitos al suelo, a excepción de la respiración basal debido a

la poca sensibilidad del parámetro para detectar cambio con el lignito. Se puede aplicar tratamiento con lignito hasta 20% lo que favorece el empleo del lignito como enmienda orgánica. Se recomienda la aplicación de otros bioensayos como actividad enzimática, y viabilidad bacteriana así como el estudio de la diversidad microbiana en la muestra de suelos con las distintas dosis de lignitos.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO

FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**LIGNITE APPLICATION FOR ENHANCING NATIONAL AGRICULTURAL  
SOILS:**

**STUDIES IN MICROCOSMOS**

**ABSTRACT**

The commonly lignite could be used as organic amendment goal of this research was to evaluate the effects of applying different doses of lignites on some physical, chemical and biological properties of agricultural soil microcosm level. This incubated soil microcosm 12, previously characterized by a period of 2 months. Each microcosm of ground lignite was added in duplicate so the ratio of (0, 2, 4, 6, 12, 20% w / w), (0.8, 16, 24, 48, and 80) g lignite, and determine the chemical and physical properties of each of biological treatments applied to the systems. For values of physical parameters of field capacity ranged from (43.49 to 46.3)% and chemical properties regarding relative pH (1:2), values obtained from (4.94 to 5.89), electrical conductivity (EC) was obtained over a range of values (100-300mS/cm), the values of soil organic matter (SOM) ranged from (4, 82 to 20.66%), the values of cation exchange capacity (CEC), between (13.73 to 25.5 cmol / kg), the values of total nitrogen (TN) (0.08 to 5.88) mg / kg. In the case of the microbiological activity parameters basal respiration values (RB) ranged between (1.48 to 1.86 gCO<sub>2</sub>/kg day) microbial biomass values obtained (85.78 to 130.86 mgCmic / kgss ), metabolic values qCO<sub>2</sub> coefficients ranged from (0.00048 to 0.00075). Correlation was obtained from biological and chemical parameters with respect to the different treatments applied once lignites different treatments of the floor lignites, except for basal respiration due to poor sensitivity for detecting change parameter with lignite Treatment can be applied up to 20% lignite which favors the use of lignite as organic amendment. We recommend the application of other bioassays and enzyme activity, and bacterial viability and the study of microbial diversity in the soil sample with different doses of lignite.

## INDICE GENERAL

	Página
<b>1. Introducción</b>	
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Justificación	5
<b>2. Capítulo II MARCOTEORICO</b>	
2.1 Antecedentes	7
<b>2.2 Fundamentos Básicos</b>	
2.2.1 Definición de lignitos	9
2.2.2 Tipos de lignitos	9
2.2.3 Origen del lignito	9
2.2.4 Materia Orgánica del suelo	11
2.2.5 Composición de las sustancias húmicas	13
2.2.6 Biomasa microbiana	14
2.2.7 Actividad microbiológica	
2.2.8 Aplicación de lignitos como mejoradores de suelos	15
<b>2.2.9 Parámetros químicos para mejorar la productividad de los suelos</b>	
2.2.9.1 Materia orgánica	17

2.2.9.2 Nitrógeno en el suelo	18
2.2.9.3 Fosforo en el suelo	18
2.2.9.4 Capacidad de intercambio de iones (CIC) y bases Intercambiables	18
2.2.9.5 pH	19
2.2.9.6 Conductividad Eléctrica	19
<b>3. Capítulo III MARCO METODOLOGICO</b>	
3.1.1 Muestras usadas	21
3.1.2 Incubación Microcosmos	23
<b>3.2. Determinación de propiedades físicas del suelo después de la incubación con lignitos</b>	
3.2.1. Textura	23
3.2.2. Retención de Humedad	24
<b>3.3 Determinación de propiedades químicas del suelo después de la incubación con lignitos</b>	
<b>3.4 Indicadores biológicos</b>	
3.4.1 Actividad microbológica	28
3.4.2. Carbono asociado a la biomasa microbiana	29
3.4.3. Coeficiente Metabólico	31
<b>3.7. Análisis estadísticos</b>	
3.7.1. Comparación entre tratamientos	31
3.7.2. Coeficiente de Correlación de Pearson	32
<b>4. CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	
IV.1 Parámetros Físicos	35

IV.2 Parámetros Químicos	35
IV.3 Parámetros biológicos	40
IV.4 Correlación de parámetros químicos con la dosis de lignito y los indicadores de la actividad microbiológica	44

## **5. CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	48

## INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CIC	19
Tabla 2 Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH (NOM 021 RET- NAT 2000).	19
Tabla 3 Caracterización Físicoquímica de la muestra compuesta de suelo zona 3.	22
Tabla 4. Parámetros calculados para la evaluación del uso de lignitos en el mejoramiento de suelos.	22
Tabla 5 Clasificación de la Textura del Suelo	24
Tabla 6. Propiedades físicas y químicas de las muestras de suelos con los diferentes tratamientos de lignitos.	36
Tabla7 Comparación de Parámetros Físicoquímicos evaluados por investigadores de suelos agrícolas.	37
Tabla8. Indicadores de la Actividad Microbiológica de la muestra de suelo con las distintas dosis de lignitos.	40
Tabla 9Comparación de valores de Respiración Basal (RB) obtenidos por otros autores.	42
Tabla 10 Comparación de valores de biomasa microbiana medidos por el método de RIS por otros investigadores de suelos venezolanos.	44
Tabla 11 Coeficiente de Correlación de Pearson	45

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. 1 Esquema de muestreo utilizado para la toma de muestras.	21
Figura 2Recolección de filtrados para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	26
Figura 3 Estufa empleada en la determinación de la materia orgánica.	27
Figura 4. Equipo de destilación Kjeldahl	28
Figura 5. Variación del pH en suelos con diferentes porcentajes de lignito.	28
Figura 6 Variación de la conductividad con las distintas dosis de lignitos	30
Figura7 Variación la MO con los distintos tratamientos con lignitos	37
Figura 8Variación de la CIC con las distintas dosis de lignitos	38
Figura 9 Variación de Nt. con las distintas dosis de lignitos.	39
Figura10 Comportamiento de la actividad microbológica por medio de la Respiración Basal con los diferentes tratamientos de lignitos.	41
Figura11 Variación de la actividad microbológica con los diferentes tratamientos de lignitos.	41
Figura12 Variación de la de la biomasa microbiana con los distintos tratamientos de lignitos.	43
Figura 13 Variación de los coeficientes metabólicos con las diferentes dosis de lignito.	44

## INTRODUCCIÓN

El lignito es un mineral perteneciente a la familia del carbón, constituido en su mayoría por materia orgánica proveniente de residuos vegetales. Sus componentes principales son los ácidos húmicos y puede tener varias aplicaciones tales como: aditivos en lodos de perforación, en el mejoramiento de suelos agrícolas, entre otras.

Los ácidos húmicos son moléculas complejas formadas por la descomposición de materia orgánica, estos influyen directamente en el suelo principalmente por su capacidad de retención de agua, contribuyen a la estabilidad y fertilidad de los suelos incidiendo en la absorción de nutrientes.

Actualmente el lignito utilizado en nuestro país es importado lo cual acarrea costos adicionales; con la finalidad de dar uso al lignito venezolano surge una iniciativa de la empresa PROMIVECA, de estudiar la aplicación del mismo sobre las propiedades de los suelos para su mejoramiento agrícola y así lograr su comercialización, contribuyendo a un desarrollo sostenible de la agricultura y al fortalecimiento la economía nacional.

Para este estudio se determinaran los efectos de la adición de distintas dosis de lignitos sobre las propiedades de una muestra de suelo a través de la medición de parámetros químicos y biológicos, así como la utilización de métodos estadísticos para determinar si existen diferencias por efectos del tratamiento y establecer las mejoras al suelo desde el punto de vista agrícola.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

El lignito es un mineral de de origen sedimentario perteneciente a la familia del carbón constituido por componentes de origen vegetal, principalmente ácidos húmicos. Los mismos juegan un rol importante en la agricultura por su influencia significativa en la calidad y productividad de los suelos debido a que muestran una alta capacidad de intercambio catiónico, lo que aumenta la fertilidad en los suelos (Lotto et al., 1991)

Además, los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en las plantas como la fotosíntesis incrementando el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos en el suelo, desarrollo de raíces y rendimiento de muchas plantas (Aganga y Tshwenyane, 2003).

Las sustancias húmicas en suelo pueden tener múltiples efectos directos o indirectos en el crecimiento de las plantas. Los efectos indirectos corresponde a mejoras de las propiedades del suelo: agregación, permeabilidad, capacidad de retención de agua, transporte y disponibilidad de nutrientes (Tan, 2003). Los efectos directos son aquellos en los cuales se requiere el consumo de las sustancias húmicas en los tejidos de la planta como resultado de efectos bioquímicos (Chen y Aviad, 1990).

La práctica de emplear adecuadamente enmiendas orgánicas en el proceso agrícola permite el uso más eficiente de los sistemas de producción y ofrece una alternativa para reducir costos de fertilización a través de diversos productos como bioactivadores, bionutrientes, residuos urbanos o

industriales, etc.; que en conjunto aportan sustancias nutritivas a los cultivos los niveles de materia orgánica y disminuyen los problemas en la disposición de residuos de diversos orígenes, aun cuando esto ha sido fuente de múltiples controversias a nivel mundial (Bentssong y Tillman, 2004).

El lignito nacional podría usarse en el mejoramiento de suelos agrícolas debido a las distintas propiedades y beneficios que el mineral, por el contenido de sustancias húmicas, le pudiera proporcionar. Actualmente el lignito utilizado es importado, lo que acarrea costos para el país.

Con la finalidad de usar esta roca y generar alternativas para la importación de la misma, surge la iniciativa por parte de PROMIVECA de aplicar los lignitos nacionales al suelo basado en estudio previo de caracterización fisicoquímica y espectroscópica de éstos lignitos (Lizcano, 2011). Luego mediante análisis físicos y químicos realizados a la muestra de suelo, una vez aplicado el tratamiento con lignitos, decidir si existen mejoras desde el punto de vista agrícola.

En esta investigación se plantea realizar la aplicación de diferentes dosis de muestras de lignitos nacionales en suelos, para evaluar parámetros como pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico total, la actividad microbológica en suelos (respiración), biomasa microbiana, así como el empleo de análisis estadísticos para evaluar las variación de las propiedades del suelo, con los diferentes tratamientos aplicados.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar los efectos de la aplicación de distintas dosis de lignitos sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos agrícolas a nivel de microcosmos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar la influencia de la aplicación de diferentes dosis de lignito sobre las propiedades físicas (textura, retención de humedad) y químicas (pH, Conductividad eléctrica, Capacidad de Intercambio Catiónico, contenido de Materia Orgánica total, Nitrógeno, Fósforo disponible) en microcosmos de suelo antes y después de la incubación.
  
- ✓ Evaluar la variación de indicadores de la actividad microbiológica (respiración, contenido de carbono asociado a la biomasa microbiana y coeficiente metabólico) en los microcosmos de suelo establecidos.
  
- ✓ Establecer mediante pruebas estadísticas, si el lignito introducido mejora las propiedades físicas y químicas, con respecto al suelo control.

### **1.3 Justificación**

La presente investigación tiene por objeto evaluar los efectos de la aplicación de distintas dosis de lignitos nacionales sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos.

Actualmente, en nuestro país existen yacimientos de lignitos disponibles para ser explotados los cuales se localizan en el occidente, específicamente Edo. Táchira, con la finalidad de dar uso a esta roca nace la iniciativa de la empresa PROMIVECA de estudiar la aplicación de lignitos nacionales en suelos para uso agrícola, generando alternativas para aumentar la producción de rubros mediante el empleo de enmiendas orgánicas disminuyendo costos de fertilizantes, por medio de la comercialización de nuevos productos que aseguren un buen rendimiento en la siembra de los cultivos.

Además, la aplicación de materia orgánica aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana como son las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos), ejerciendo modificaciones en el suelo como las de facilitar la formación de agregados, mejorando la permeabilidad y aumentando la fuerza de cohesión en suelos arenosos, o disminuyéndola en suelos arcillosos (Hartwiseng y Evans 2000).

Las sustancias húmicas (SH) retienen los nutrientes por sus propiedades de intercambio iónico y son fuente de nitrógeno, fósforo y azufre para las plantas (Stevenson y Popov, 2008). Por estas razones son consideradas como los constituyentes más importantes de la materia

orgánica del suelo ya que influyen directa o indirectamente sobre su fertilidad (Swift, 1991).

No obstante, la actividad de la materia orgánica en el suelo depende en gran medida de su calidad más que de su cantidad y es conocido como la composición y propiedades de la materia orgánica del suelo, como componente de este, están influenciadas por los procesos naturales de la formación del suelo y controlados por la interacción de factores formadores (clima, relieve, organismos, etc.) (Stevenson, 1982).

Por todo lo expuesto anteriormente, se hace necesario el estudio de los efectos de los lignitos sobre las propiedades del suelo para determinar si existen mejoras que puedan beneficiar a los suelos lo que incide en un incremento del rendimiento en la producción de cultivos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

A continuación se presentan una serie de investigaciones relacionadas con el tema de estudio.

Lizcano, D. (2011) realizó la caracterización fisicoquímica y espectroscópica de muestras de lignitos nacionales con la finalidad de evaluar su aprovechamiento en el área industrial y agrícola. En este estudio se evaluaron dos parámetros como la capacidad de intercambio catiónico (CIC), y la actividad microbiológica (mediante la respiración basal). Obteniéndose valores elevados de CIC, lo que representa un posible beneficio para suelos arenosos ya que se pudiera aumentar su capacidad de retención de agua y de elementos nutritivos (Humitech, 2005). Se obtuvo además una baja respiración basal, por lo que se concluye que el lignito posee una baja actividad microbiana debido a la poca cantidad de microorganismos que presenta; un factor importante ya que al ser adicionado al suelo no debería modificar las comunidades microbianas presentes pero si incrementar la actividad de microorganismos posiblemente en un estado de latencia debido a su alto contenido de materia orgánica.

Hanafi y Salwa, (1998) evaluaron el efecto de adición de ácidos húmicos sobre las propiedades químicas de los suelos, en un estudio de incubación los ácidos húmicos fueron agregados a tres suelos distintos a concentraciones de 0, 50,100, 100 150 y 350 mg lignito/kg suelo, las muestras se incubaron durante 30 días. Se determinó los cambios en el pH, carbono orgánico, y CIC. El pH aumentó con el incremento en los niveles de

adición de ácidos húmicos, y se observó un comportamiento similar para los otros parámetros, consideran que la influencia de los ácidos húmicos sobre las propiedades de suelo puede ser atribuida a varios factores físico-químicos, tales como: la lenta deposición del N, disponibilidad de P y S, alta capacidad de intercambio iónico (metales), retención de agua, alta capacidad buffer entre otras (Canales et al; 2000). Este estudio se relaciona con la presente investigación ya que proporciona información sobre los parámetros a evaluar, y ayudará a decidir sobre las posibles mejoras en el suelo para uso agrícola.

Estudios realizados sobre la relación de las sustancias húmicas, específicamente los ácidos húmicos, en la absorción de nutrientes, indican un aumento en la absorción de macro y micro elementos relacionados con la estimulación del crecimiento de las plantas, además la aplicación de extractos húmicos mejora la absorción de P, K, Ca, N. Las sustancias húmicas pueden tener un efecto directo en la absorción de compuestos húmicos por la planta que afecta ciertas actividades enzimáticas, en la permeabilidad de la membrana o indirectos como: cambios en la estructura del suelo, aumento de la CIC, capacidad de solubilizar ciertos complejos del suelo, estimulación de la actividad microbológica (Biondi et al; 1994).

Jiliani (1994) concluyó de sus experimentos sobre la aplicación de ácidos húmicos a suelos, que los mismos poseen un alto potencial para restaurar la actividad microbológica e incrementar la disponibilidad de nutrientes así como la asimilación del nitrógeno y fósforo por las plantas.

## **2.2 Fundamentos básicos**

### **2.2.1 Definición de Lignito**

El lignito es un mineral de origen sedimentario con propiedades combustibles, cuyo proceso de evolución es intermedio entre la turba y la hulla. Los lignitos se diferencian de los carbones más antiguos por su color, que varía de pardo a negro, por su textura amorfa y fibrosa, por su contenido de humedad que puede alcanzar hasta un 60% en los casos extremos y su porcentaje de carbono no mayor a 80%.

Como componentes adicionales presenta en poca cantidad minerales arcillosos, siderita, pirita y calcita. Los lignitos solo aparecen en sedimentos no compactados o muy poco compactados (Garreaud et al; 2004).

### **2.2.2 Tipos de Lignitos**

Existen diferentes tipos de lignitos, entre ellos podemos mencionar:

- ✓ Pardo terroso o fibroso próximos a la turbas en aspecto y propiedades de color pardo claro y textura fibrosa.
- ✓ Leñosos o xifoides de color pardo claro y con aspecto leñoso constituido por madera carbonificada cuya estructura se conserva.
- ✓ Carbones pardos amorfos sin reserva de fibras vegetales.
- ✓ Lignitos negros o carbones sub-bituminosos de color pardo oscuro a negro o con brillo sedoso, en ocasiones bandas brillantes o mate los carbones bituminosos (GEA, 2000).

### **2.2.3 Origen del lignito**

Los carbones en general y los lignitos en particular se originan a partir de materia orgánica de origen vegetal, acumulados en grandes cantidades durante diversos periodos geológicos y han permanecido cubiertos por agua

y experimentado dos etapas de transformación: etapa bioquímica y etapa geoquímica.

La formación de los yacimientos pudo realizarse por dos modalidades diferentes: autóctona y alóctona, que se depositan junto con algunos materiales y sedimentos.

En la autóctona, que también se denomina in situ, las plantas que dieron origen al lignito se encontraban en una zona que sufrió inundaciones periódicas. Cuando el terreno estaba sin humedad crecían árboles bastantes grandes, al ocurrir la inundación los árboles mueren y los troncos caen pero una parte del árbol y sus raíces permanecen por un tiempo. Durante la inundación se depositan sedimentos que posteriormente aparecen en el carbón en forma de finos lechos de material mineral.

En la formación alóctona, los restos de vegetales son arrastrados por corrientes de agua depositándolos en los remansos donde sufren carbonificación, este puede tener lugar en aguas dulces (cuencas límnicas) o salobres (cuencas parálidas). Las plantas que dieron origen a los lignitos pueden identificarse por los restos que se encuentran allí, mucho mejor conservados que en el caso de las hullas (GEA, 2000).

En los procesos de formación del lignito está presente la humificación, la cual consiste, según Kumada (1987), en un conjunto de procesos que transforman la materia orgánica en compuestos de alta capacidad de absorción de luz visible y altos contenidos de grupos orgánicos carbonilo y carboxilo.

Para que se favorezcan los procesos de humificación se debe presentar déficit de oxígeno, baja temperatura, materiales leñosos (relación C/N alta) y exceso de humedad (deficiente aireación) acumulación de la materia orgánica en el suelo. Dependiendo de las condiciones ambientales y de la calidad de la materia orgánica, se pasa a la etapa de aireación a un proceso de transformación con un aporte bajo en nutrientes y alto en suministro de materiales disponibles para la polimerización y acumulación en el suelo como humus

#### **2.2.4 Materia orgánica del suelo**

Según el Soil Survey Laboratory (SSL, 1995,1996), la materia orgánica del suelo se define como la fracción orgánica que posee el suelo, excluyendo los residuos vegetales y animales sin descomponer. La descomposición de restos orgánicos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus. Y el humus al descomponerse da origen a una serie de productos coloidales que en unión con los minerales arcillosos, forman los nutrientes de las plantas. Estos coloides son de carga negativa, lo que les permite absorber H<sup>+</sup> y cationes metálicos (Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) intercambiarlos en todo momento de forma reversible entre las plantas y el suelo. La materia orgánica presenta afinidad por los metales pesados.

La materia orgánica del suelo (MOS) también puede ser definida como una serie de fracciones a lo largo de un continuo proceso de descomposición. Su balance es mantenido por el aporte de mantillo al suelo, el cual ingresa al mismo como materia orgánica particulada (MOP). Conceptualmente, la MOP a lo que algunos autores también la denominan materia macro-orgánica (Willson et al., 2001) es la fracción transitoria de la MOS que, en ese continuo de transformación, se encuentran en un estado intermedio entre el mantillo más o menos reciente y la materia orgánica

humidificada (MOH) y estable. Analíticamente, la MOP es una fracción de la materia orgánica total (MOT), factible de ser aislada físicamente y definida por un rango de tamaño (0,053 a 2,0 mm), retenida sobre un tamiz de 0,053 mm luego de que el suelo ha sido dispersado (Cambardella et al., 1992).

El humus es el conjunto de materia orgánica amorfa, polimérica de alto peso molecular y de color gris oscuro hasta casi negro que se acumula en el suelo como consecuencia de su transformación. Se diferencian y agrupan de acuerdo a su solubilidad peso molecular grado de polimerización según varios autores citados (Burbano 1989).

El humus está formado por una cantidad enorme de distintos constituyentes pero generalmente se clasifican en dos grupos: sustancias húmicas (SH) y sustancias no húmicas (SNH).

Las sustancias húmicas son complejas agrupaciones moleculares en las que las unidades fundamentales son compuestos de origen fenólico procedentes de la descomposición de materia orgánica y compuestos nitrogenados tanto cíclico como alifáticos sintetizados microorganismos presentes en la biomasa. El modo de acción directo de las SH sobre el efecto en las membranas como resultado de mejoramiento de transporte en los nutrientes de las plantas, de manera indirecta inciden en la actividad enzimática lo cual reduce los niveles de toxicidad así como el mejoramiento de de la población microbiana y solubilización de macro elementos (K, Ca, P), mejora los elementos fisicoquímicos aumentando la capacidad de intercambio catiónico, forma parte de los agregados del suelo mejorando la estabilidad de los mismos (Lesser, 1995).

Las sustancias húmicas se encuentran asociadas mediante uniones de carácter débil a otra fracción orgánica denominada sustancias no húmicas (SNH) (Shulten y Schnitzer, 1993). La intensidad de la biodegradación es menor que la de los compuestos no húmicos y decrece con el aumento del peso molecular (Stevenson 1994).

Las SNH son materia orgánica con estructura química definida, constituida fundamentalmente de aminoácidos, carbohidratos y lípidos que, por lo general, constituyen materia orgánica de fácil biodegradación (Schnitzer y Khan, 1972).

### **2.2.5 Composición de las sustancias húmicas**

Los componentes de las sustancias húmicas se pueden separar en base a las diferentes solubilidades en agua a varios valores de pH (Aiken et al., 1985) y se distinguen:

*a. Ácidos fúlvicos:* son compuestos de bajo peso molecular, alta acidez entre 900 y 1400 meq/100g, bajo grado de polimerización solubles en medio ácido y básico. Presentan mayor contenido de oxígeno y son menores en contenido de carbono por ello presentan mayor cantidad de grupos oxigenados en su estructura tales como COOH, OH, o C=O debido a esto poseen alta acidez, mayor que los ácidos húmicos. La capacidad quelante de metales en los ácidos fúlvicos es elevada debido a la presencia de diferentes grupos funcionales en su estructura (Schnitzer y Khan, 1972).

*b. Ácidos húmicos:* son compuestos de alto peso molecular baja acidez (entre 500 y 800 meq/100g) alto grado de polimerización soluble en álcali pero precipitan en medio ácido. Los ácidos húmicos por poseer elevado peso molecular tienen una serie de propiedades relacionadas con el estado

coloidal muy diferentes a las del ácido fúlvico por ende su capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico son más elevadas. La estructura hipotética promedio de los ácidos húmicos está compuesta, en gran medida, por anillos aromáticos unidos entre sí y otras estructuras de carácter alifático. En esta, la mayor parte del oxígeno se encuentra formando uniones éter o éster (Shulten y Schnitzer, 1993).

*c. Huminas:* se refiere a la fracción de humus más resistente a la descomposición que no es soluble ni en ácido ni en álcali. Paul y Clark (1989), sugieren que está compuesta por mezclas de ácidos fúlvicos y húmicos con otros componentes no solubles provenientes de plantas y microorganismos como celulosa, lignina paredes celulares y carbón.

### **2.2.6 Biomasa microbiana**

La biomasa microbiana se define como la parte viva de la materia orgánica del suelo, está compuesta por los microorganismos de aproximadamente  $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$ , constituye de 1 a 5 % de la materia orgánica del suelo. En general se expresa en miligramos de carbono por kilogramo de suelo.

La biomasa microbiana es responsable en alto grado de la descomposición de la materia orgánica que se incorpora al suelo y por otra parte es fuente de nutrientes para las plantas (Stevenson, 1994). La biomasa microbiana ejerce la función fundamental de la materia orgánica del suelo, proveer la energía metabólica necesaria para los procesos biológicos del suelo que afectan directa o indirectamente otros procesos y propiedades del suelo (Baldock y Nelson, 2000).

Para cuantificar la biomasa microbiana del suelo actualmente existen diferentes métodos, entre ellos están:

- ✓ Fumigación-incubación
- ✓ Respiración inducida por sustrato
- ✓ Fumigación-extracción

Para este estudio se realizará el método de respiración inducida por sustrato. El método de la respiración inducida por sustrato se basa en la detección de la respuesta respiratoria de los microorganismos del suelo por un suplemento de glucosa; midiendo solo los organismos activos o sensibles a la glucosa (Bloem et al. 2006).

### **2.2.7 Actividad microbiológica**

Según consideran Borie et al (1999), la actividad biológica de los suelos es fundamental para la solubilización, movilización y disponibilidad de los nutrientes, se considera de gran importancia conocer cuál es el status de actividad biológica de un suelo, además qué ocurre a dicha actividad por efecto del sistema de siembra directa. Para la estimación de la actividad biológica se pueden utilizar varios parámetros, uno de ellos es la actividad respiratoria, que evalúa el anhídrido carbónico desprendido por la actividad de los microorganismos del suelo. Con el conocimiento de la actividad biológica de los suelos se completa una visión integral de las capacidades del recurso suelo para contribuir con una mayor o menor fertilidad biológica.

### **2.2.8 Aplicación de lignitos como agentes mejoradores de suelos**

Debido al contenido de ácidos húmicos los lignitos proporcionan grandes beneficios en los suelos.

En suelos arcillosos los ácidos húmicos promueven la aireación de los mismos y mejoran su estructura de esta manera el agua los elementos nutritivos y las raíces pueden penetrar más fácilmente (Humintech, 2005).

En suelos arenosos con muy poco humus atrapan las partículas de arena incrementando la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la retención de humedad y elementos nutritivos. Por lo tanto los ácidos húmicos evitan la lixiviación de los nutrientes hacia las aguas subterráneas, sobre todo de nitrato. Estos son retenidos en el suelo con el agua quedando así disponibles para las plantas.

En suelos ácidos, los ácidos húmicos tienden a aumentar el pH, neutralizando la acidez presente debido a su alta capacidad amortiguadora. De esa manera, la alteración causada por el ácido en las raíces de las plantas se reduce, particularmente aluminio y metales pesados evitando así la toxicidad y liberando el fosfato unido al aluminio.

En suelos alcalinos por causa de su alto pH muchos elementos nutritivos y muchos oligoelementos no están disponibles para las plantas por la formación de complejos los ácidos húmicos amortiguan el alto pH y convierten estos nutrientes en formas disponibles para las plantas liberando el fosfato fijados por el calcio aumentando la retención de humedad por lo que en periodo de sequia hay agua disponible evitando la perturbación por la sequia (Humintech, 2005).

### **2.2.9 Parámetros químicos para mejorar la productividad de los suelos**

Las propiedades fisicoquímicas del suelo son de gran importancia para la evaluación de indicadores de la calidad de suelos, a continuación se describen los parámetros considerados en análisis químicos de suelos relacionadas con la productividad agrícola.

### **2.2.9.1 Materia orgánica**

La materia orgánica ejerce efectos beneficiosos sobre la fertilidad de suelo, el crecimiento de las plantas, no solo a través de la suplencia de nutrimentos sino además por sus efectos favorables sobre las propiedades físicas (tiende a mejorar la estructura del suelo, aumenta la retención de agua), químicas (aumenta la capacidad de intercambio, mejora la capacidad amortiguadora de pH) y biológicas (por ser fuente de nutrimento y energía para los microorganismos) Stevenson (1982). La materia orgánica y las sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, y huminas) son importantes indicadores en la fertilidad de los suelos no solo en la formación de agregados sino en la unión de metales (formación de quelatos) (Donisa et al., 2003).

Sánchez (1999), a partir de resultados encontrados en su investigación, expresa que los ácidos húmicos influyen en los siguientes procesos relacionados con la productividad biológica y agrícola:

- ✓ Sobre la síntesis proteica, ya que estimulaba la incorporación de determinados aminoácidos (por ejemplo leucina) a las cadenas polipeptídicas.
- ✓ En el balance del metabolismo del carbono, puesto que incrementaban el nivel de clorofila (fotosíntesis) y el consumo de oxígeno (respiración).
- ✓ Sobre la superficie radical de los cultivos, favoreciendo la morfología y el área de las raíces.
- ✓ Sobre el rendimiento de los cultivos, puesto que incrementaban los volúmenes de producción, así como el nivel de azúcares solubles.
- ✓ Favorecían el sinergismo en la absorción de quelatos.

### **2.2.9.2. Nitrógeno en el suelo**

El nitrógeno es un elemento fundamental en la materia vegetal, ya que es un constituyente básico de las proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas, etc. Las plantas lo absorben principalmente por las raíces en forma de  $\text{NH}_4^+$  y de  $\text{NO}_3$ . El nitrógeno permite el desarrollo de la actividad vegetativa de la planta, causando el alargamiento de troncos y brotes y aumenta la producción de follaje y frutos. Sin embargo, un exceso de nitrógeno debilita la estructura de la planta creando un desequilibrio entre las partes verdes y las partes leñosas, siendo la planta más sensible al ataque de plagas y enfermedades.

### **2.2.9.3 Fósforo en el suelo**

El fósforo contribuye a la formación de yemas, raíces y a la floración así como a la lignificación. Una falta de fósforo provoca un ahogo de la planta, crecimiento lento, una reducción de la producción, frutos más pequeños y una menor expansión de las raíces. La mayor parte del fósforo presente en el suelo no es asequible a las plantas y su emisión en la solución de suelo es muy lenta. El P es un macro nutriente esencial para las plantas y los microorganismos, junto con el nitrógeno y el potasio. Puede ser un nutriente limitante, ya que es un componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos. Los análisis de P sirven fundamentalmente para el control de la dosificación de productos químicos en tratamientos de agua o suelos, o como un medio para determinar que un sistema presenta contaminación por exceso de este compuesto (Muñoz et al., 2000).

### **2.2.9.4. Capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables**

La CIC o capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, y podría decirse que es la base de lo que llamamos fertilidad del suelo. La fertilidad de

los suelos se puede clasificar de acuerdo con los resultados analíticos obtenidos con métodos apropiados tanto en suelos ácidos como alcalinos (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CIC

<b>Clase</b>	<b>CIC (cmol(+) kg-1)</b>
<b>Muy alta</b>	> 40
<b>Alta</b>	25 - 40
<b>Media</b>	15 - 25
<b>Baja</b>	>5

### 2.2.9.5 pH

El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en una relación suelo- agua y expresado en términos de valor de pH, tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH (NOM 021 RET- NAT 2000)

<b>Categoría</b>	<b>Valor de pH</b>
<b>Fuertemente ácido</b>	<5
<b>Moderadamente ácido</b>	5.1-6.5
<b>Neutro</b>	6.6-7.3
<b>Medianamente alcalino</b>	7.4-8.5
<b>Fuertemente alcalino</b>	8.5

### 2.2.9.6 Conductividad eléctrica

Es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos; la

determinación de la conductividad es una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelo.

De acuerdo a los valores de conductividad, pH y porcentaje de sodio intercambiable, suelos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- ✓ Suelos salinos: Se caracterizan porque su extracto de saturación tiene un valor de conductividad eléctrica igual o superior que 4 mmhos/cm a 25°C y la cantidad de sodio intercambiable es menor de 15%. Por lo general tienen una costra de sales blancas, que pueden ser cloruros, sulfatos y carbonatos de calcio, magnesio y sodio.
- ✓ Suelos sódicos: Presentan un color negro debido a su contenido elevado de sodio. Su porcentaje de sodio intercambiable es mayor que 15, el pH se encuentra entre 8,5 y 10,0, y la conductividad eléctrica está por debajo de 4 mmhos/cm a 25°C.
- ✓ Suelos salino-sódicos: Poseen una conductividad eléctrica de 4 mmhos/cm a 25°C, una concentración de sodio intercambiable de 15 % y el pH es variable, comúnmente superior a 8,5 (Muñoz et al., 2000).

### CAPITULO III

#### MARCO METODOLOGICO

#### 3.1. Preparación de microcosmos

##### 3.1.1. Muestras usadas

El suelo con el que se realizaron los experimentos fue proveniente de una parcela ubicada en Minifincas El Encanto, Tocuyito, estado Carabobo. En la Figura 1, se muestra el esquema de muestreo utilizado para la toma de muestras, aunque se utilizó solo la muestra compuesta de la zona 3.

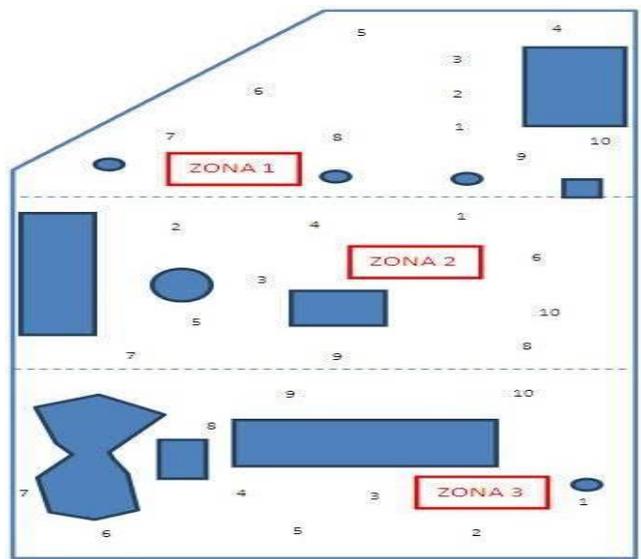


Figura 1. Esquema de muestreo utilizado para la toma de muestras.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las propiedades físicas y químicas de la muestra de suelo compuesta (zona 3) utilizada en el presente estudio.

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de la muestra de suelo Minifincas El Encanto, Tocuyito, Estado Carabobo (zona 3).

Parámetro	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Contenido de Humedad (%)	14,08	6,9	47,88
Retención de Humedad (%)	41,8	1,1	1,26
pH agua 1:2	6,09	0,16	0,0254
pH KCl 1:2	5,20	0,30	0,0889
Conductividad eléctrica 1/2 (mS m <sup>-1</sup> )	0,059	0,017	300
Capacidad de Intercambio Catiónico (cmol kg <sup>-1</sup> )	20	3	7
Materia Orgánica (%)	3,94	0,02	0,00046

Fuente: Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, 2012

Los lignitos utilizados fueron proporcionados por la empresa Productos Minerales de Venezuela (PROMIVECA). Fueron previamente tamizados y triturados a partículas de un diámetro 1mm. Los lignitos estudiados son aptos para ser empleados con fines agrícolas, tomando en consideración que la capacidad de intercambio catiónico para el lignito A es superior a los valores óptimos reportados para suelos agrícolas. Algunas propiedades químicas y bioquímicas se pueden apreciar en la Tabla 4 (Lizcano, 2011).

Tabla 4. Propiedades químicas y bioquímicas del lignito a utilizar para el mejoramiento de suelos agrícolas.

Parámetro	Lignito
Carbono orgánico total (%)	47 ± 1
Nitrógeno total (%)	0,93 ± 0,05
Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (cmol/kg lignito)	51±2
Respiración Basal (mgCO <sub>2</sub> /Kg lignito*Días totales)	3±1

Fuente: Lizcano, 2011

### **3.1.2. Incubación microcosmos**

En la preparación de las muestras se incubaron 12 sistemas de suelo, por un periodo de 2 meses, de un suelo previamente caracterizado, a cada sistema se agregó lignito (por duplicado) de manera en la proporción de (0, 2, 4, 6, 12, 20) % p/p (0,8, 16, 24, 48, y 80) g lignito, con la finalidad de evaluar las propiedades físicas químicas y biológicas de cada uno de los tratamientos aplicados a los sistemas.

## **3.2. Determinación de propiedades físicas del suelo después de la incubación con lignitos**

### **3.2.1. Textura**

Se empleó la determinación de la textura empleando un método cualitativo según Jaramillo (2003). Se tomó una muestra de suelo seco sobre la mano y se observó el tamaño de los granos (grueso, medio, fino); se frotó una pequeña cantidad entre el pulgar y el índice para detectar cómo se sentía al tacto (suave, áspera, sedosa, etc.); se frotó posteriormente cerca al oído para establecer si producía ruido.

Se humedeció la muestra anterior lentamente, sin llegar a tener exceso de agua, se amasó y se trató de formar una bola, observando su comportamiento y estabilidad; se amasó nuevamente la muestra y se frotó entre la palma de la mano y una superficie sólida para formar un rollo. Se observó su espesor y estabilidad; se estrujó la muestra entre el pulgar y el índice para definir su plasticidad (facilidad para deformarse y conservar esa deformación): plástico, no plástico. Se adicionó un poco más de agua a la muestra, se estrujó entre el pulgar y el índice para observar la pegajosidad de ella en los dedos (alta, regular, baja, nula).

En la palma de la mano, se colocó una cantidad de muestra definida, se lavó repetidamente, eliminando el agua turbia hasta que el agua salga

limpia; para establecer un porcentaje aproximado de los separados que posee la muestra y la textura según la Tabla 3.

Tabla 5. Clasificación de la Textura del Suelo

Textura	Tacto	Cinta	Bolas	Adhesividad*
<b>A</b>	Áspero	No	No	No
<b>AF</b>	Áspero	Muy Mala	Mala	Muy Poca
<b>FA</b>	Áspero	Mala	Mala	Poca
<b>F</b>	Muy Suave	Mala	Resistente	Poca
<b>FL</b>	Suave	Rizada	Buena	Media
<b>L</b>	Harinoso	Rizada	Regular	Poca
<b>FArA</b>	Poco Áspero	Regular	Buena	Alta
<b>FAr</b>	Suave	Regular	Buena	Alta
<b>FArL</b>	Suave	Rizada	Buena	Alta
<b>ArA</b>	Poco Áspero	Buena	Buena	Alta
<b>ArL</b>	Suave	Buena	Buena	Alta
<b>Ar</b>	Jabonoso	Buena	Firmes	Muy Alta

A: Arenoso F: Franco L: Limoso Ar: Arcilloso

\*Se determino con el suelo casi saturado de agua, las demás propiedades se determinan con el suelo húmedo. Fuente: Jaramillo D. (2003) (pp. 174).

### 3.2.2. Retención de Humedad

El porcentaje de retención de humedad (capacidad de campo). Se determino colocando por duplicado 20 g de suelo tamizado y secado al aire en embudos a los cuales se les coloco un tapón de fibra de vidrio, para evitar que la muestra se saliera, luego se humedeció completamente el suelo hasta que comenzó a gotear y observar el cambio de color debido a la humedad y se dejo a temperatura ambiente por 6 horas. La Retención de Humedad se determino también por diferencia de peso (1970).

### 3.3 Determinación de propiedades químicas del suelo después de la incubación con lignitos

Para la obtención de los valores de pH y conductividad eléctrica se toman 3 g de suelo y se mezcla con 6 mL de agua en un tubo de ensayo, se sometió a

agitación por 30 minutos, se centrifugo por 10 minutos a 1500 rpm y se midió con un pH-metro para el valor del pH y con el conductímetro para la conductividad eléctrica (Olarte, 1979).

Para la capacidad de intercambio catiónico se empleo el método descrito por S.S.L. (1996). Se peso 5 g de suelo secado al aire y tamizado. Se coloca la muestra de suelo en un Erlenmeyer de 100 mL, se le agregan 25 mL de NH<sub>4</sub>OAc 1N a pH 7 y se agita 30 min. Se filtro el conjunto anterior, haciendo pequeños lavados con acetato de amonio, se recoge el filtrado en un balón de 200 mL y se procesa aparte con el fin de determinar las bases intercambiables (Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>). Se lava el exceso de amonio con 50 mL de etanol, aplicando 5 porciones de 10 mL al suelo; los filtrados que se producen en esta etapa se desechan como se aprecia en la (fig.2).

Se lavo nuevamente el suelo con 5 porciones de 10 mL de NaCl al 10 % p/v y se recoge el filtrado. Se le agrego al filtrado 10 mL de formaldehido al 40%v/v y unas gotas de fenolftaleína; paralelamente, se preparo un blanco con agua destilada, NaCl y formaldehido. Se titulo el filtrado y el blanco con NaOH 0,1 N, hasta obtener una coloración rosada pálida (Jaramillo, 2002). Se calculo la CIC del suelo con la fórmula:

$$\mathbf{C.I.C\ 7,0 = ((Vm- Vb) *N*100/ peso\ de\ la\ muestra)}$$

Donde:

C.I.C= capacidad de intercambio cationico.

Vm= volumen de NaOH en mL gastado en la titulación del extracto de la muestra.

Vb= volumen de NaOH en mL gastado en la titulación del blanco.

N= Normalidad de NaOH.



Figura 2. Recolección de filtrados para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico

Para la determinación de la materia orgánica del suelo, se peso una muestra de 6 ó 7 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm (o en la fracción requerida) y se coloco en crisoles de porcelana. Se seca el conjunto (la muestra y el crisol) en horno a 105°C (fig. 3) hasta peso constante (aproximadamente entre 24 y 48 horas), se retiro del horno y se deja enfriar en desecador, luego se pesa. Se calcina la muestra en una mufla a 650 ó 700°C, durante 3 ó 4 horas. Se retiro de la mufla el conjunto, se dejo enfriar en desecador y se peso nuevamente. Se calculo la diferencia de peso entre las medidas antes y después de calcinar; esta diferencia de peso equivale a la cantidad de materia orgánica que se perdió de la muestra por efecto de la calcinación. Se expreso la diferencia de peso en porcentaje, con respecto al peso inicial de la muestra (seca a 105°C) y ese es el porcentaje de materia orgánica que tenía aquella. (Jaramillo, 2002)



Figura 3. Estufa empleada en la determinación de la humedad

Para la determinación del porcentaje de nitrógeno se utilizará el método de Kjeldahl el cual se basa en la transformación del nitrógeno contenido en la muestras mediante la digestión con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador. El ion amonio obtenido se transforma en medio básico en amoníaco que se destila y valora con una solución de ácido sulfúrico. El procedimiento a seguir se describe a continuación:

Se peso aproximadamente 1g de muestra aprox. Luego se introdujo en los tubos digestores y se le agrego un cuarto de pastilla de catalizador. Luego se adiciono 1mL de una solución de Peróxido de hidrogeno al 35% y 1,4mL de Acido Sulfúrico poco a poco. En una rampa de calentamiento se tiene a 420°C durante 30min, luego se deja enfriar y se procedió a la destilación. Posteriormente al tubo se le adiciono 2 mL de agua destilada y 25 mL de una solución de NaOH y  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  se colocó en el destilador y en una fiola se agrego 25 mL de una solución de ácido Bórico al 4% (fig. 5). Y se realizo la destilación hasta que el volumen en la fiola alcance unos 50 mL. Finalmente se procedió a titular con  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$  estandarizado al 0.02M, se utilizo como indicador Tashiro (rojo de metilo-azul de metilo). Se efectuó una prueba en blanco, utilizando 5 mL de agua en vez de la muestra, siguiendo todo el procedimiento de titulación descrito.



Figura 5. Equipo de destilación Kjeldahl

### **3.4 indicadores biológicos**

#### **3.4.1 Actividad microbiológica**

La actividad microbiológica del suelo se determinó mediante la medida del desprendimiento de  $\text{CO}_2$  por la actividad de los microorganismos del suelo durante un periodo de tiempo, a temperatura controlada en el laboratorio ( $22\text{-}25$  °C) (método de incubaciones estáticas) (Stotzky, 1965) siguiendo el procedimiento descrito por Anderson (1982). Se colocó 30 g de suelo humedecido entre 50-60% de su capacidad de retención de humedad (capacidad de campo) en frascos con tapa de rosca (hermética) introduciendo un vial con 20 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1M. Los frascos cerrados se colocaron en la oscuridad a temperatura ambiente ( $25 \pm 3^\circ\text{C}$ ). Y como blanco se usó frascos que solo contengan el vial con NaOH. El  $\text{CO}_2$  desprendido se midió indirectamente por medio de una titulación del exceso de NaOH con ácido clorhídrico (HCl) 0,1 M, precipitando los carbonatos con cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) 0,05 M, usando fenolftaleína como indicador. Las titulaciones se realizaron en los días 1, 10, 15, 20, 40. Todas las muestras a distintos porcentajes de lignitos se analizaron por triplicado.

La cantidad en miligramos (mg) de  $\text{CO}_2$  desprendido se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$\text{mg C-CO}_2 = (Vb-Vm)*M \text{ HCL} *6 \quad (1)$$

Donde:

Vb: volumen de HCl consumidos para titular el blanco

Vm: volumen de HCl consumidos para titular la muestra

M HCl: concentración de ácido clorhídrico.

6: equivalentes (pm C/2 equivalente)

La actividad microbiológica se expreso como la respiración basal según la expresión:

$$\text{Respiración Basal} = \text{mg C-CO}_2 \text{ totales/ kg ss} * \text{días} \quad (2)$$

### **3.4.2 Carbono asociado a la biomasa microbiana**

El carbono orgánico asociado a la biomasa microbiana se determino por el método de respiración inducida por sustrato. Se siguió el procedimiento descrito por Anderson y Domsch, (1978) en el cual se pesa 30 g de suelo y se ajusta la humedad ente 40-60% de la retención de humedad del suelo, se mezclo con 120mg de glucosa, la muestra se coloco luego en un frasco de vidrio con tapa de rosca y se deja a temperatura ambiente (22-25) °C por dos horas. Una vez transcurrido el tiempo se coloco en forma suspendida un vial con 25 mL de hidróxido de sodio 0,1M y se dejo incubando durante cuatro horas, de forma paralela se colocan 3 frascos limpios y secos solo con el vial contentivo de NaOH, empleados como blancos.

Luego de la incubación, el NaOH del vial se transfirió cuantitativamente a una fiola de 250mL, añadiendo 2 mL de cloruro de bario para precipitar los carbonatos seguidamente se titula con HCL 0,1M

utilizando fenolftaleína como indicador (fig.6). Las determinaciones se realizaron por triplicado. La evolución de CO<sub>2</sub> se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mg C-CO}_2 = ((\text{VB-VM}) * N_{\text{HCl}} * 6 * 100) / (4 * \text{EW}) \quad (3)$$

Donde:

VB: volumen de HCl consumidos para titular el blanco

VM: volumen de HCl consumidos para titular la muestra.

N<sub>HCl</sub>: Normalidad del ácido clorhídrico.

EW: peso de suelo seco (g).

4: tiempo de incubación (h)

6: equivalentes (pm C/2 equivalente)



Figura 6. Titulación realizada para la determinación de la biomasa microbiana por respiración inducida por sustrato (RIS)

El carbono de la biomasa microbiana se determinará empleando la siguiente relación (Anderson y Domsch, 1978):

$$\text{mg C-CO}_2 \text{ obtenido} = 20,6 \mu\text{g C-biomasa} \quad (4)$$

### 3.4.3. Coeficiente Metabólico

La fracción del C-CO<sub>2</sub> liberado por unidad de biomasa microbiana, llamado cociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) se calculo de acuerdo a la siguiente ecuación (Anderson y Domsh, 1990):

$$qCO_2 = (\text{mg C-CO}_2 \text{ basal/h} * \text{mg C mic}) * 10^3 \quad (5)$$

Donde:

mg C-CO<sub>2</sub> basal/h: mili-gramos de CO<sub>2</sub> obtenidos en la actividad microbiológica.

mg C mic: Carbono de la biomasa microbiana

### 3.7. Análisis estadísticos

Las variables discretas, se realizaron a través de un análisis de varianza ANOVA, para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos, y por una prueba de comparación de medias (Tukey) y se determino el mejor tratamiento.

#### 3.7.1. Comparación entre tratamientos

Se empleó el programa Statgraphis plus para realizar dos tipos de estudios estadísticos: La Tabla ANOVA y el Contraste de Múltiple Rango. Ambos se emplearon para evaluar si existe diferencia significativa o no entre los promedios de cada una de las secciones evaluadas con respecto al control.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo y se emplea el factor F-ratio, para establecer si existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las variables a un nivel de confianza del 95,0%.

El Contraste de Múltiple Rango aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras. El método actualmente utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). Con este método, hay un 5,0% de riesgo de considerar cada par de medias como significativamente diferentes cuando la diferencia real es igual a 0.

### **3.7.2. Coeficiente de Correlación de Pearson**

Se empleo el coeficiente de Pearson para correlacionar dos conjuntos de datos según el indicador físico, químico o biológico a estudiar; para verificar si poseen una correlación significativa (positiva o negativa), con un nivel de significancia del 95 por ciento y empleando el valor  $t_{95\%} = 2,309$  como referencia. El coeficiente de Pearson es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas por un nivel de intervalos o de razón, puede variar de -1.00 (correlación negativa perfecta) a 1.00 (correlación positiva perfecta). La prueba no considera en si a una como independiente y a otra como dependiente, ya que no evalúa la causalidad. La noción de causa-efecto es posible establecerla teóricamente pero la prueba no considera dicha establecerla teóricamente pero la prueba no considera dicha causalidad. (Hernández et al. 2003).

Como expresa el autor (Camacho C. 2007), el coeficiente de correlación de Pearson viene definido por la siguiente expresión:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N} \quad (6)$$

Una vez calculado el coeficiente de Pearson (empleando el programa Microsoft Excel 2007), se determina su desviación estándar a través de la ecuación 7:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r_{xy}^2}{N-2}} \quad (7)$$

Se empleo la ley de Student con N-2 grados de libertad, con media del valor poblacional y desviación tipo, para comparar con el valor t al 95 por ciento de confianza:

$$t = \frac{r_{xy}}{\sqrt{\frac{1-r_{xy}^2}{N-2}}} \quad (8)$$

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

El lignito puede ser usado como una enmienda en la restauración de los suelos, debido a su alto contenido de materia orgánica (Tabla 2), es por ello que investigaciones recientes se han dedicado al estudio de sus propiedades (Lizcano, 2011).. Para este estudio se planteo el estudio de las propiedades del suelo una vez aplicadas las distintas dosis de lignitos.

A continuación se presentan un cuadro resumen de las diferentes propiedades del suelo una vez aplicadas las distintas dosis del lignitos en microcosmos de suelo, correspondientes a un suelo previamente caracterizado fisicoquímicamente proveniente de Mini fincas el Encanto Tocuyito, Estado Carabobo.

Tabla 6. Propiedades físicas y químicas de las muestras de suelos con los diferentes tratamientos de lignitos.

Tratamiento	pH	Conductividad (mS/cm)	Materia Orgánica (%)	CIC (cmol/kg)	Nitrógeno (gN/kg)	Textura	Retención de Humedad (%)
Control	5,8±0,3(c)	150,0±0,1 (a)	4,8±0,2 (a)	13,7±0,3 (a)	0.08±0,01 (a)	Franco Arenoso	43,49
Lignito 2%	5,4±0,4 (b)	116,6±0.1 (a)	5,6±0,2 (b)	18,8±1,0 (c)	0.28±0,01 (a)	Franco Arenoso	43,56
Lignito 4%	5,1±0,1 (a,b)	100,0±0.1 (a)	6,5±0,3(c)	17,4±1,4 (b)	0.36±0,01 (a)	Arcilloso Arenoso	44,20
Lignito 6%	5,1±0,2 (a,b)	133,0±0.1 (a)	10,0±0,3(d)	18,9±1,1(c)	1.03±0,02 (b)	Franco Arenoso	45,86
Lignito 12%	5,0±0,2 (a,b)	233,0±0.2 (b)	14,0±0,7 (e)	24,8±0,2 (d)	3.36±0,09 (c)	Franco Arenoso	45,24
Lignito 20%	4,9±0,3 (a)	300,0±0.3 (c)	20,6±0,7 (f)	25.5±4,3 (d)	5.88±0,02 (c)	Arenoso Arcilloso	46,3

#### **IV.1 Parámetros Físicos**

Se puede observar en la Tabla 6, los valores obtenidos de la capacidad de campo obtenidos oscilaron entre (43,49-46,3)% no resultaron afectados con los distintos tratamientos de lignitos, la textura franco arenosa del suelo control, evidencia que la capacidad de retención de humedad es una propiedad que depende básicamente de la composición del suelo.

#### **IV.2 Parámetros Químicos**

Como se puede apreciar en la fig.6, para los valores obtenidos de pH en los diferentes tratamientos se observó diferencias significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto al suelo control. Por otra parte, los distintos tratamientos en el intervalo de 4-12% de lignito, no presentan diferencias significativas entre sí ( $p > 0.05$ ), se observa diferencias significativas entre el tratamiento de 2%, 20% y con respecto al control. Esta disminución del pH, pudiera deberse a la mineralización de la materia orgánica presente en los lignitos, que en su mayoría está formada por ácidos húmicos (Lizcano, 2011), lo cual genera  $\text{CO}_2$  que acidifica el medio, y la presencia de materia orgánica en sí misma, ya que por contener mayor cantidad de AH aporta grupos ácidos al suelo. Sin embargo, esto pudiera favorecer a suelos alcalinos, ya que mejoraría el valor de pH, favoreciendo la producción de ciertos rubros en el desarrollo agrícola. Adicionalmente, para suelos ácidos se pudiera aplicar otras técnicas como encalado en suelos, para estabilizar el pH y favorecer la producción agrícola en el cultivo de los rubros, por lo que resultaría positiva la aplicación del lignito como enmienda orgánica.

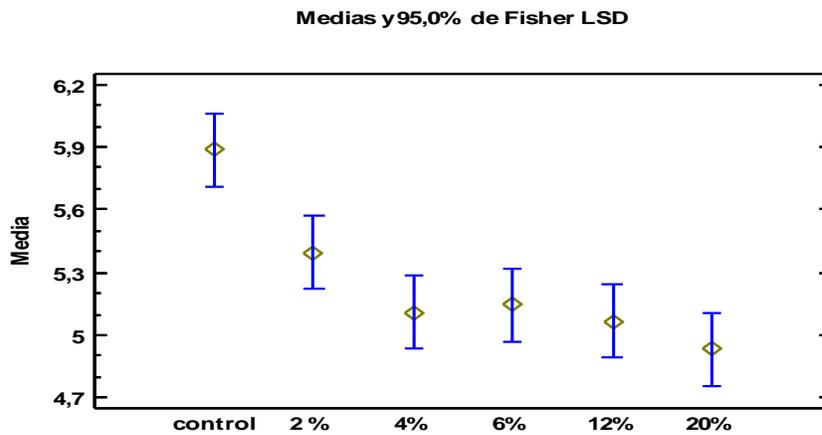


Figura 6. Variación del pH en suelos con diferentes porcentajes de lignito

En los valores de la conductividad eléctrica en los diferentes sistemas estudiados, se observa un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos al 12 y 20 % de lignito, con respecto al suelo control. Los tratamientos en el intervalo de (2-6% lignito) no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) respecto al control (Tabla 6, Figura 6). Sin embargo este cambio no ocasiona problemas en la salinidad de los suelos. (Jackson 1970)

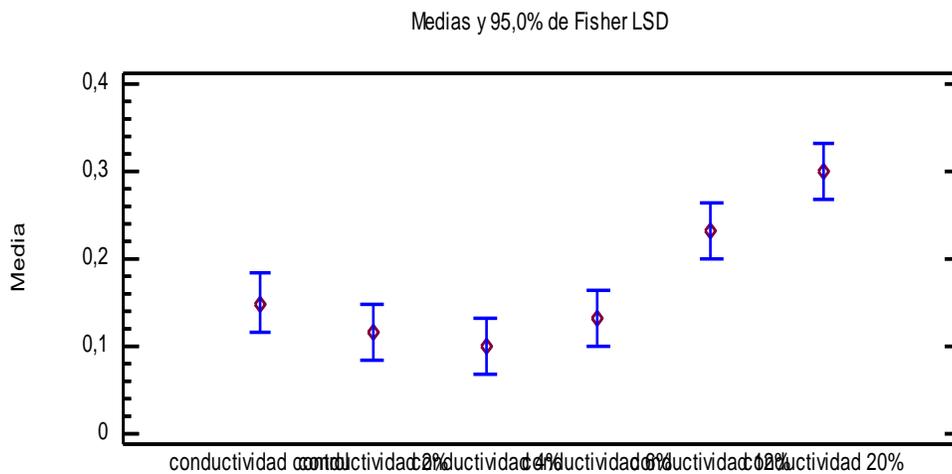


Figura 7. Variación de la conductividad con las distintas dosis de lignitos

Como se puede apreciar en la fig.7, para el caso de los valores obtenidos de materia orgánica (MO) en los diferentes tratamientos, se observó un aumento significativo ( $p < 0.05$ ), del contenido de MO en todos los tratamientos respecto al control, observándose una tendencia clara en el aumento de la MO al aplicar mayores dosis de lignito, lo que es debido a su alto contenido de MO (Lizcano., 2011). El aumento de la MO pudiera incidir positivamente en la producción de ciertos rubros en el desarrollo agrícola.

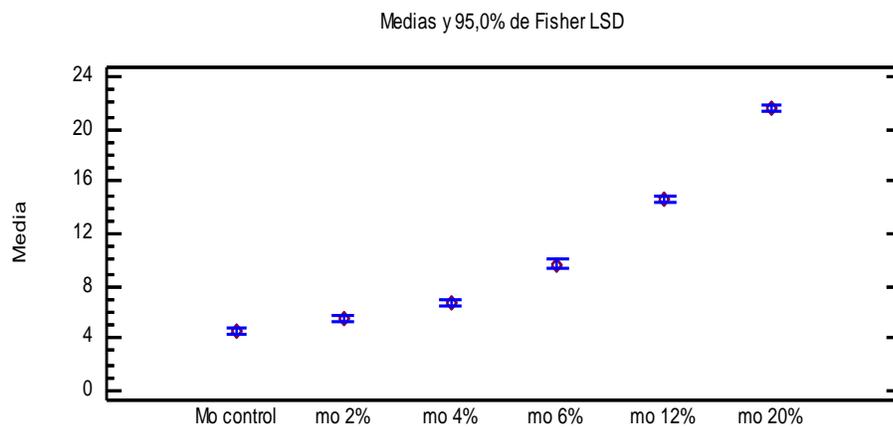


Figura 7. Variación la MO con los distintos tratamientos con lignitos

Como se puede observar en la Tabla 6 para el caso de los valores obtenidos de CIC con los diferentes tratamientos, se observó un aumento con respecto al suelo control en el caso de lignito 20% esto puede ser debido a los componentes de lignito de ácidos húmicos, con  $p < 0.05$  se puede decir que existe diferencia significativa con el lignito 20% respecto al suelo control, adicionalmente se observa que no existe diferencia significativa, con  $p > 0,05$  entre el rango (2-6%) lignito, la capacidad de intercambio(CIC) en el suelo determina la retención que puede tener el suelo de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal. Así pues una mayor CIC implica que el suelo tendrá más disponible los elementos, un

valor de CIC superior a 25 cmol/kg asegura una buena retención catiónica como se puede apreciar en la figura 8, se observó un aumento de la CIC, entre cada una de las distintas dosis aplicadas, lo cual favorece el intercambio catiónico de los ácidos húmicos presentes en el lignito (Lizcano., 2011), mejorando este indicador químico en el suelo permitiendo el uso del lignito como enmienda orgánica.

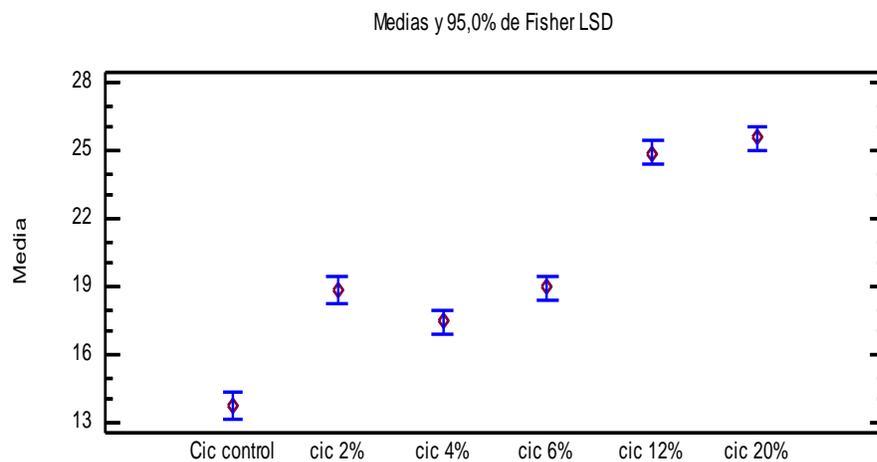


Figura 8. Variación de la CIC con las distintas dosis de lignitos

Como se puede apreciar en la fig.9, para el caso de los valores obtenidos del contenido de nitrógeno total (Nt) en los diferentes tratamientos, se observó un aumento con respecto al suelo control con  $p < 0.05$  se puede decir que existe diferencia significativa con el tratamiento lignito 20% con respecto al suelo control, debido al alto contenido de MO en el lignito lo que favorece un desarrollo agrícola, las distintas dosis de lignitos, en el rango de 4-20% lignito, presentan diferencia significativa con  $p < 0.05$ , lo que resulta positivo aplicar el lignito como enmienda orgánica.

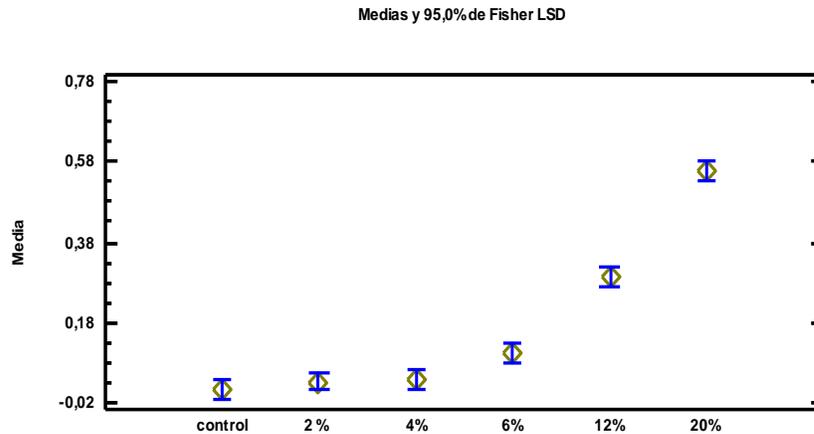


Figura 9. Variación de Nitrógeno total (Nt) con las distintas dosis de lignitos.

Tabla7 Comparación de Parámetros Físicoquímicos evaluados por investigadores de suelos agrícolas.

Referencia	Valores reportados		
	pH	Nt	CIC
<b>Kwiatkowska-Malina., 2011</b>	5,6-5,9	0,6-0,9	2,6-13,6
<b>Armado.,2011</b>	4,9-5,0	0,8-1,5	10-15
<b>Este estudio</b>	4,94-5,89	0,08-5,88	13,73-25,53

Se puede apreciar en la (Tabla 7), comparando los resultados obtenidos de los parámetros evaluados una vez aplicadas las distintas dosis de lignitos, para esta investigación se obtuvo valores altos de nitrógeno y CIC con respecto a los reportados por otros investigadores de suelos agrícolas, lo que sugiere que el empleo del lignito como una enmienda orgánica que favorece el desarrollo agrícola por su alto contenido de materia orgánica, contribuyendo al aumento de la producción en los cultivos.

### IV.3 Parámetros Biológicos

Como se puede apreciar en la (Tabla 8) para el caso de los valores obtenidos de Respiración Basal para los diferentes tratamientos, se observó un aumento con respecto al suelo control y los distintos tratamientos. Se puede decir que existe diferencia significativa  $p < 0.05$  con el tratamiento lignito 20% con respecto al suelo, como se aprecia en la Fig10 la actividad microbiológica tuvo un ligero aumento al aplicar las distintas dosis de lignitos aplicadas, una vez transcurrido los veinte días, la respiración basal del día 40 se mantiene casi constante, a pesar de las distintas dosis de lignitos aplicadas.

Tabla 8. Indicadores de la Actividad Microbiológica de la muestra de suelo con las distintas dosis de lignitos.

Tratamiento	Respiración basal (g CO <sub>2</sub> /kg día)	Biomasa microbiana (mg Cmic/kg suelo)	Coefficiente metabólico( qCO <sub>2</sub> )
Control	1,497±0,010(a,b)	130,86±13,13(c)	0,00048±0,00005(a)
Lignito2%	1,507±0,012(a,b)	109,01±28,35(b)	0,00075±0,00001(b)
Lignito4%	1,544±0,467(a)	101,78±13,13(a,b)	0,00064±0,00001(b)
Lignito 6%	1,679±0,445(b)	97,419±13,97(a,b)	0,00073±0.00001(b)
Lignito12%	1,591±0,430(b)	97,41±13,97(a,b)	0,00073±0.00006(b)
Lignito20%	1,533±0,044(a,b)	85,78±7,29(a)	0,00075±0,00001(b)

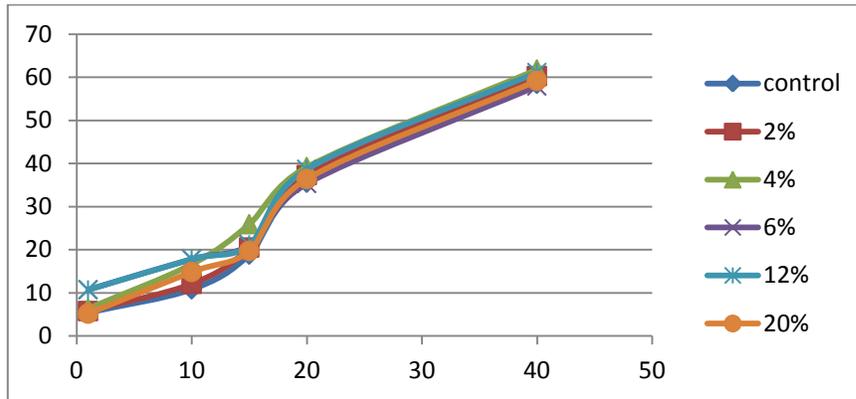


Figura10. Comportamiento de la actividad microbiológica por medio de la Respiración Basal con los diferentes tratamientos de lignitos.

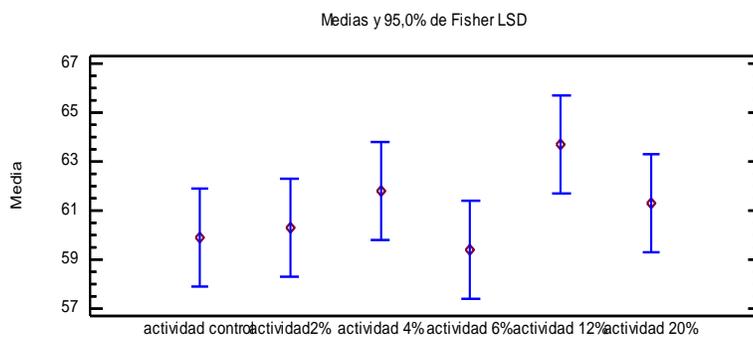


Figura11 Variación de la actividad microbiológica con los diferentes tratamientos de lignitos.

Se observa en la Figura 11, existe diferencia significativa con  $p < 0,05$  en el rango (2- 6%) de lignito, de forma similar se aprecia para (12-20%) de lignito, aunque la actividad microbiológica resulto baja. Se puede inferir que este indicador biológico resulto poco sensible para detectar cambio con la aplicación del lignito en la determinación de la actividad microbiológica puede ser debido a la poca humedad de la muestra.

Tabla 9. Comparación de valores de Respiración Basal (RB) obtenidos por otros autores

Referencia	Valores reportado( gCO <sub>2</sub> /kg día)
Armado,2011	1,0-10,8
Paolini y Murillo.,2011	1,01-52,84
Paolini et al.,2010	8,3-52,8
Este estudio	1,48-1,67

Según valores reportados por otros autores (Tabla 9), para esta investigación se obtuvo menor valor de Respiración Basal (RB), lo que sugiere la poca sensibilidad de la actividad microbiológica con la aplicación de los lignitos. Sin embargo a pesar de los valores bajos obtenidos coinciden con los reportados por otros investigadores de suelos venezolanos.

Como se puede apreciar en la fig. 12, para el caso de los valores obtenidos de Biomasa microbiana con los diferentes tratamientos con respecto al suelo control se puede decir que existe diferencia significativa  $p < 0.05$ , la dinámica de la biomasa microbiana, es afectada principalmente por el aporte al sustrato, la temperatura del suelo, la disponibilidad de agua. (Carter., 1986). Con respecto a los diferentes tratamientos en un rango de (2-20%) con respecto al control, se obtuvo un descenso en los valores de biomasa con un nivel de  $p < 0,05$ . Sin embargo se puede inferir que debido a la poca actividad microbiológica de en el suelo, y la disminución en los valores de pH son pocos los microorganismos presentes que degradan el lignito, convirtiéndolo en estructuras menos complejas fácilmente asimilables para la planta.

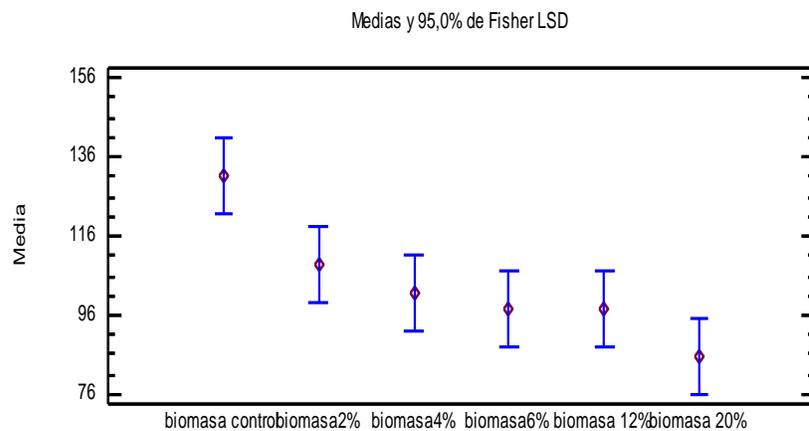


Figura12. Variación de la de la biomasa microbiana con los distintos tratamientos de lignitos.

Tabla 10 Comparación de valores de biomasa microbiana medidos por el método de RIS por otros investigadores de suelos venezolanos

Referencia	Intervalo reportado (mgCmic/kgss)
Armado.,2011	12-149
Gómez y Paolini.,2011	28,66-151,97
Paolini et al.,2010	92-585
Ruiz y Paolini.,2004	206-1553
Contreras.,2003	21-96
Hernández- Hernández.,2003	85-147
Este estudio	85,78-130,86

Según valores reportados por otros autores como se observa en la Tabla 10 para esta investigación existen valores reportados como es el caso Hernández-Hernández., 2003, los cuales concuerdan con los obtenidos adicionalmente, los valores obtenidos se encuentran en el rango reportados por investigadores de suelos venezolanos.

Como se puede apreciar en la fig.13, para el caso de los valores obtenidos de Coeficiente Metabólico, se obtuvo un aumento con el tratamiento (20%lignito) con respecto al control, con  $p < 0,05$  se puede decir que existe diferencia significativa, para el rango (6-12%) de lignito se puede decir con  $p > 0,05$  que no existe diferencia significativas, en el rango( 6-20%lignito), los valores bajos de biomasa obtenidos y la actividad microbologica poco sensible se observo un aumento en la eficiencia  $qCO_2$  de los microorganismos presentes en el suelo.

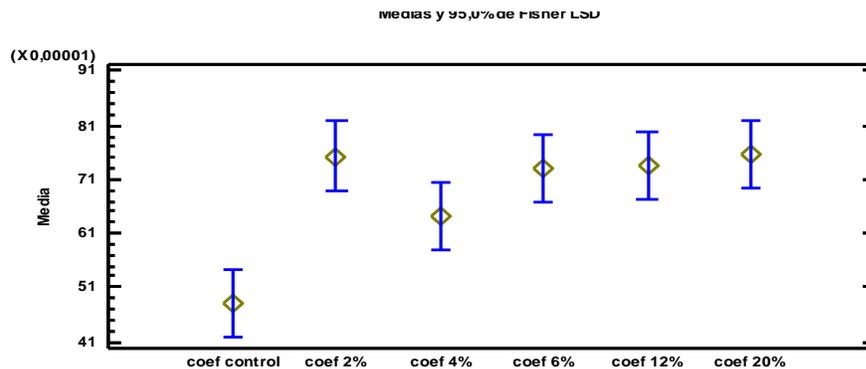


Figura 13. Variación de los coeficientes metabólicos con las diferentes dosis de lignitos.

#### IV.4 Correlación de parámetros químicos con la dosis de lignito y los indicadores de la actividad microbiológica

Se observo correlación entre los diferentes indicadores determinados y las distintas dosis, y entre los parámetros evaluados a excepción de la respiración basal. Se obtuvo correlación positiva de los parámetros químicos a excepción del pH con el coeficiente metabólico y correlación negativa de los parámetros químicos con la respiración y la biomasa microbiana.

Tabla 11 Correlación entre los diferentes indicadores determinados.

	% lignito	pH	Conductividad	CIC	materia orgánica	% nitrógeno
<b>% lignito</b>	-0,5715	0,7486	0,8999	0,9940	0,9866	
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	
	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>pH</b>	-0,5715	-0,1879	-0,5837	-0,5501	-0,5064	
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	
	0,0003	0,2724	0,0002	0,0005	0,0016	
<b>Conductividad</b>	0,7486	-0,1879	0,6289	0,7575	0,7881	
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	
	0,0000	0,2724	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>CIC</b>	0,8999	-0,5837	0,6289	0,8857	0,8854	
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	
	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>materia orgánica (MOS)</b>	0,9940	-0,5501	0,7575	0,8857	0,9893	
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	
	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>% Nitrógeno</b>	0,9866	-0,5064	0,7881	0,8854	0,9893	
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	
	0,0000	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000	
<b>Respiración</b>	-0,2838	-0,0297	-0,3187	-0,0302	-0,2943	-0,3030
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
	0,0935	0,8634	0,0581	0,8611	0,0814	0,0725
<b>Biomasa microbiana</b>	-0,5899	0,6973	-0,3577	-0,5963	-0,5721	-0,5313
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
	0,0002	0,0000	0,0322	0,0001	0,0003	0,0009
<b>Coefficiente metabólico</b>	0,4130	-0,6080	0,1742	0,5153	0,3975	0,3636
	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)	(36)
	0,0123	0,0001	0,3095	0,0013	0,0164	0,0293

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**  
**CONCLUSIONES**

- Los parámetros físicos medidos en esta investigación no resultaron afectados con la aplicación de las distintas dosis de lignitos, ya que debido a la textura que presenta el suelo franco arenosa se favorece la estructura del suelo, ya que la adición del lignito mejora la estructura del suelo debido a los componentes de ácidos húmicos.
- En cuanto a los parámetros químicos el pH, CIC, MO y Nt, a pesar de la ligera disminución de pH, los demás parámetros aumentan significativamente mejorando las propiedades químicas del suelo una vez aplicado el lignito como enmienda orgánica.
- Se obtuvo una ligera disminución de la actividad microbiológica, la biomasa tuvo un descenso significativo con la aplicación de las dosis de lignitos, lo cual representa una correlación positiva sin embargo, se observa una tendencia estable en la actividad microbiológica para el día 40.
- Según análisis estadísticos, se puede aplicar hasta tratamiento 20% de lignito, ya que se observa mejoras de las propiedades del suelo con el aumento de los valores de los parámetros medidos, a pesar de la correlación negativa de la actividad microbiológica con los demás parámetros físico químicos se puede aplicar lignito como enmienda orgánica.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un estudio de viabilidad microbiana de los diferentes tratamientos de lignitos aplicados al suelo, para verificar la existencia de comunidades microbianas (UFC/tiempo).
- ✓ Estudiar indicadores bioquímicos como la actividades enzimáticas como Ureasa, fosfatasa acida y alcalina, una vez aplicadas las dosis de lignitos al suelo.
- ✓ Estudiar la diversidad microbiana del suelo control, y la fitotoxicidad de los distintos tratamientos de lignitos, en su uso como enmienda orgánica.
- ✓ Aplicar técnicas para mejorar el pH de los tratamientos de lignitos aplicados al suelo para mejorar la actividad agrícola en suelos de poca fertilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACF (2005). American Coal Foundation. Extraído el 12 mayo del 2011 desde <http://www.ket.org/trips/coal/agsmm/agsmmtypes.html>

Armado,2011 parámetros fisicoquímicos, bioquímicos y biológicos como indicadores de la actividad microbiológica en suelos cacaoteros del occidente de Venezuela. Tesis doctoral ULA Venezuela 2011

- Agarwal, S.; Khalid, M.; Khanna, R.; Ali, A. y Sultana, Y. (2010). Humic acid from Shilajit – a physico-chemical and spectroscopic characterization. J. Serb. Chem. Soc. 75 (3) 413-422.
- Anderson, J. P. (1982). Soil respiration. p. 831-871. En: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd ed. (A.L. Page, R H. Miller and D.R. Keeney eds.) Soil Science Society of America Number 9. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- ASTM. Análisis Próximos. Laboratorio del Centro de Investigaciones del Carbón. Universidad Nacional de Colombia. Extraído el 22 de marzo desde: [http://www.unalmed.edu.co/~ctcarbon/analisis\\_proximos.htm](http://www.unalmed.edu.co/~ctcarbon/analisis_proximos.htm)
- Aguilar, M. (2008). Introducción a Fluidos de Perforación. Universidad Nacional de Salta.
- Broadbent, F. (1965). Organic matter, *En: Methods of Soil Analysis. Part. 2. Amer. Soc. of Agron*, 9: 1397-1400.
- Burbano, H. (1989). El Suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto. p. 447.
- Chen, M., Senesi, M. y Schnitzer, M. (1977). Information provided on humic substances by E4:E6 ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:3-53-357.

- Cheung, P y otros. (2002). Imágenes claras en lodos base aceite. *Oilfield Review. Schlumberger*. Extraído el 7 de septiembre del 2010 desde [http://www.slb.com/resources/publications/industry\\_articles/oilfield\\_review/2002/or2002\\_sp\\_spr01\\_lodosbaseaceite.aspx](http://www.slb.com/resources/publications/industry_articles/oilfield_review/2002/or2002_sp_spr01_lodosbaseaceite.aspx)
- Ciavatta, C.; Antisari, L. y Sequi, P. (1991). Humification Parameters of Organic Materials Applied to soil. Lectures notes in Earth Sciences. Springer Verlag, Berlin. P.p. 177-185.
- Franco, J. y Bañón, S. (1998). Posibilidades agrícolas de los ácidos húmicos comerciales. *Horticultura*, 69.
- Gallardo, J. (1994). Introducción a la química de las sustancias húmicas, el humus, la materia superficial del suelo, regulación y nutrición de los suelos. Ministerio de agricultura y pesca. *Investigación y ciencias*, 46: 8-16 España.
- García, N., A. (2005). Edafología. Ciencias Ambientales. Extraído el 28 de abril: <http://www1.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm>
- Garreaud y otros (2004). Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra. Universidad de Chile. Extraído el 10 de octubre del 2010 desde la pagina web: [http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine\\_mod230.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine_mod230.pdf)
- GEA (2000). Gran Enciclopedia Aragonesa. Lignito. Extraído el 07 de septiembre de 2010 a las 6:40pm desde [http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz\\_id=8002](http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz_id=8002)
- Humitech (2005). Extraído el 07 de septiembre del 2010 a las 5:00pm desde <http://www.humitech.com/pdf/imagebrochure.01.034.pdf>

- Jaramillo D. (2003) Introducción a la Ciencia de los Suelos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Kononova, M. (1966). Materia Orgánica de los suelos, su naturaleza, su papel en la formación del suelo y en la fertilidad. 2da Edición. London Pergamon Press.
- Kumada, K. (1987). Chemistry of soil organic matter. Japan Scientific Societies Press. Elsevier. Tokio. p. 241.
- Lesser, M (1995). Prospección de contaminación de suelos por hidrocarburos. Geólogos. México. 1(6):5-8.
- Li, L.; Zhenye, Z.; Weilin, H.; Peng, P.; Guoying, S. y Jiamo, F. (2004). Characterization of humic acids fractionated by ultrafiltration Organic Geochemistry 35 1025–1037. [www.elsevier.com/locate/orggeochem](http://www.elsevier.com/locate/orggeochem)

Lizcano, 2011 Caracterización físico química y espectroscópica de lignitos nacionales. Trabajo Especial de Grado UC Venezuela 2011.

- Lizarazo, L (2001). Incidencias de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos en el suelo. Universidad de Alicante.
- Osorio, R. (2009). Aditivos de lignito en fluidos de perforación. Extraído el 07 de septiembre del 2010 a las 6:40pm. <http://www.petroblogger.com/2010/02/aditivos-de-lignito-en-fluidos-de.html>
- Pakulski y Benner (1992). Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. p. 66-68.
- Paul y Clark (1989). Soil microbiology and biochemistry. Academic Press Inc. Londres. p. 275

- Popov, A. I. (2008). The probable mechanism of biological effect of humic substances. *In: Perminova y Kulikova (eds). From Molecular understand to Innovative Applications of Humic Substances. International Humic Substances Society. Humus Sapiens Moscow. pp. 453-456*
- Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Universidad de Alicante.
- Rivero, C., Senesi N., Paolini J. y D´Orazio V. (1998a). Characteristic of soil humic acid of some Venezuelan soils. *Geoderma 81:227-239.*
- Rivero, C., Paolini J., Senesi N., y D´Orazio V. (1998b). Spectroscopic characterization of humic acid from a soil toposequence in Venezuelan Plains (llanos). *Commun. Soil. Plant Anal. 29(19/20):2 893-2 904.*
- Rivero, C. (2001). La materia orgánica estable del suelo y su caracterización. *Venezuelos 9 (1 y 2): 5-15.*
- Rodríguez, M.; Venegas, J.; Angoa, M.; Montañez, J. (2009). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos de diferentes compost y su efecto sobre cultivos de trigo. *Bioagro 21(3): 183-188.*
- Ruiz, M.; Elizalde, G. y Paolini, J. (1997). Caracterización de las sustancias húmicas presentes en microagregados de suelos de dos toposecuencias. *Agronomía Trop. 47(4): 381-395.*
- Sánchez, B., Ruiz, M., y Rios, M.M., (2005) Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *SciELO. Agronomía trop. 55 (4): 507-534.*

- Schnitzer, M y Khan, S (1972). Humic substances in the environment. *Soil Science*, 151: 41-58.
- Schnitzer, M (1990). Select methods for the characterization of soil humics substances. p. 65- 89.
- Schollenberger, C. y Simon, R. (1945). Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil- Amonium acetate method. *Soil Sci.*, 59: 13-24.
- Senesi, N, 1992. Metal-humic substance complexes in the environment. Molecular and mechanistic aspect by multiple spectroscopic approach. In Biogeochemistry of trace metals. D. C. Adriano (ed.) Lewis Publishers. London. pp. 429-496.
- Shulten, H and Schnitzer, M (1993). A state of the art structural concept for humic substance. *Geo Sci*, 10 (2): 117- 145.
- Stevenson, F. J. y K. M. Goh. (1971). Infrared spectra of humic acid and related substances. *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 35:471-483.
- Stevenson, F. J. (1982). Humus Chemistry, Genesis, composition, Reaction. John Wiley and Sons, New York. 443 p.
- Steveson, F. (1994). Humus chemistry: genesis, composition and reaction. 2<sup>nd</sup> edition. *Edit John Wiley & Sons, Inc. New York*.
- Stotzky, G. (1965). Microbial respiration. En: *Methods of Soil Analysis*. Part 2 (Black, C.; Evans, D.; Ensminger, L.; White, J. and Clark, F., editores). American society of Agronomy, Madison, USA. Pp. 1550-1572.
- Swift, R. S. (1991). Effects of humic substances and polysaccharides on soil aggregation. In: *Advances in Soil organic matter research: the impact*

on agriculture and the environment. (Wilson, W.S, editor). The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Cambridge. pp. 153-162.

- Tan, K. H. (1996). Soil Sampling preparation and analysis. 10<sup>o</sup> ed. Madison, N.Y. USA. P.p. 408.
- Varanini, Z. y Pinton, R. (1995). Humic substances and plant nutrition. Progress in Botany, 56, 97-116.
- Walkley, A. y Black, I (1934). An examination of the Degtjaeff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.
- Walinga, I.; Kithome, M.; Novozamsky, I.; Houba, V.J.G. y J.J Van der Lee (1992). Spectrophotometric determination of organic carbon in soil. Commun. Soil.Sci. Plant Anal. 23 (15&16): 1935-1944.
- ACF (2005). American Coal Foundation. Extraído el 12 mayo del 2011 desde <http://www.ket.org/trips/coal/agmmm/agsmmtypes.html>
- Agarwal, S.; Khalid, M.; Khanna, R.; Ali, A. y Sultana, Y. (2010). Humic acid from Shilajit – a physico-chemical and spectroscopic characterization. J. Serb. Chem. Soc. 75 (3) 413-422.
- Anderson, J. P. (1982). Soil respiration. p. 831-871. En: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd ed. (A.L. Page, R H. Miller and D.R. Keeney eds.) Soil Science Society of America Number 9. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- ASTM. Análisis Próximos. Laboratorio del Centro de Investigaciones del Carbón. Universidad Nacional de Colombia. Extraído el 22 de marzo desde: [http://www.unalmed.edu.co/~ctcarbon/analisis\\_proximos.htm](http://www.unalmed.edu.co/~ctcarbon/analisis_proximos.htm)

- Aguilar, M. (2008). Introducción a Fluidos de Perforación. Universidad Nacional de Salta.
- Broadbent, F. (1965). Organic matter, *En: Methods of Soil Analysis. Part. 2. Amer. Soc. of Agron*, 9: 1397-1400.
- Burbano, H. (1989). El Suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto. p. 447.
- Chen, M., Senesi, M. y Schnitzer, M. (1977). Information provided on humic substances by E4:E6 ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:3-53-357.
- Cheung, P y otros. (2002). Imágenes claras en lodos base aceite. *Oilfield Review. Schlumberger*. Extraído el 7 de septiembre del 2010 desde [http://www.slb.com/resources/publications/industry\\_articles/oilfield\\_review/2002/or2002\\_sp\\_spr01\\_lodosbaseaceite.aspx](http://www.slb.com/resources/publications/industry_articles/oilfield_review/2002/or2002_sp_spr01_lodosbaseaceite.aspx)
- Ciavatta, C.; Antisari, L. y Sequi, P. (1991). Humification Parameters of Organic Materials Applied to soil. *Lectures notes in Earth Sciences. Springer Verlag, Berlin*. P.p. 177-185.
- Franco, J. y Bañón, S. (1998). Posibilidades agrícolas de los ácidos húmicos comerciales. *Horticultura*, 69.
- Gallardo, J. (1994). Introducción a la química de las sustancias húmicas, el humus, la materia superficial del suelo, regulación y nutrición de los suelos. Ministerio de agricultura y pesca. *Investigación y ciencias*, 46: 8-16 España.
- García, N., A. (2005). Edafología. *Ciencias Ambientales*. Extraído el 28 de abril: <http://www1.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm>

- Garreaud y otros (2004). Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra. Universidad de Chile. Extraído el 10 de octubre del 2010 desde la pagina web: [http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine\\_mod230.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine_mod230.pdf)
- GEA (2000). Gran Enciclopedia Aragonesa. Lignito. Extraído el 07 de septiembre de 2010 a las 6:40pm desde [http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz\\_id=8002](http://www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz_id=8002)
- Humitech (2005). Extraído el 07 de septiembre del 2010 a las 5:00pm desde <http://www.humintech.com/pdf/imagebrochure.01.034.pdf>
- Kononova, M. (1966). Materia Orgánica de los suelos, su naturaleza, su papel en la formación del suelo y en la fertilidad. 2da Edición. London Pergamon Press.
- Kumada, K. (1987). Chemistry of soil organic matter. Japan Scientific Societies Press. Elsevier. Tokio. p. 241.
- Lesser, M (1995). Prospección de contaminación de suelos por hidrocarburos. Geólogos. México. 1(6):5-8.
- Li, L.; Zhenye, Z.; Weilin, H.; Peng, P.; Guoying, S. y Jiamo, F. (2004). Characterization of humic acids fractionated by ultrafiltration Organic Geochemistry 35 1025–1037. [www.elsevier.com/locate/orggeochem](http://www.elsevier.com/locate/orggeochem)
- Lizarazo, L (2001). Incidencias de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos en el suelo. Universidad de Alicante.
- Osorio, R. (2009). Aditivos de lignito en fluidos de perforación. Extraído el 07 de septiembre del 2010 a las 6:40pm. <http://www.petroblogger.com/2010/02/aditivos-de-lignito-en-fluidos-de.html>

- Pakulski y Benner (1992). *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. p. 66-68.
- Paul y Clark (1989). *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press Inc. Londres. p. 275
- Popov, A. I. (2008). The probable mechanism of biological effect of humic substances. *In: Perminova y Kulikova (eds). From Molecular understand to Innovative Applications of Humic Substances*. International Humic Substances Society. Humus Sapiens Moscow. pp. 453-456
- Ramos, R. (2000). *Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino*. Universidad de Alicante.
- Rivero, C., Senesi N., Paolini J. y D'Orazio V. (1998a). Characteristic of soil humic acid of some Venezuelan soils. *Geoderma* 81:227-239.
- Rivero, C., Paolini J., Senesi N., y D'Orazio V. (1998b). Spectroscopic characterization of humic acid from a soil toposequence in Venezuelan Plains (llanos). *Commun. Soil. Plant Anal.* 29(19/20):2 893-2 904.
- Rivero, C. (2001). La materia orgánica estable del suelo y su caracterización. *Venezuelos* 9 (1 y 2): 5-15.
- Rodríguez, M.; Venegas, J.; Angoa, M.; Montañez, J. (2009). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos de diferentes compost y su efecto sobre cultivos de trigo. *Bioagro* 21(3): 183-188.
- Ruiz, M.; Elizalde, G. y Paolini, J. (1997). Caracterización de las sustancias húmicas presentes en microagregados de suelos de dos toposecuencias. *Agronomía Trop.* 47(4): 381-395.

- Sánchez, B., Ruiz, M., y Rios, M.M., (2005) Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *SciELO. Agronomía trop.* 55 (4): 507-534.
- Schnitzer, M y Khan, S (1972). Humic substances in the environment. *Soil Science*, 151: 41-58.
- Schnitzer, M (1990). Select methods for the characterization of soil humic substances. p. 65- 89.
- Schollenberger, C. y Simon, R. (1945). Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil- Ammonium acetate method. *Soil Sci.*, 59: 13-24.
- Senesi, N, 1992. Metal-humic substance complexes in the environment. Molecular and mechanistic aspect by multiple spectroscopic approach. In *Biogeochemistry of trace metals*. D. C. Adriano (ed.) Lewis Publishers. London. pp. 429-496.
- Shulten, H and Schnitzer, M (1993). A state of the art structural concept for humic substance. *Geo Sci*, 10 (2): 117- 145.
- Stevenson, F. J. y K. M. Goh. (1971). Infrared spectra of humic acid and related substances. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 35:471-483.
- Stevenson, F. J. (1982). *Humus Chemistry, Genesis, composition, Reaction*. John Wiley and Sons, New York. 443 p.
- Stevenson, F. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition and reaction*. 2<sup>nd</sup> edition. *Edit John Wiley & Sons, Inc. New York*.

- Stotzky, G. (1965). Microbial respiration. En: *Methods of Soil Analysis*. Part 2 (Black, C.; Evans, D.; Ensminger, L.; White, J. and Clark, F., editores). American society of Agronomy, Madison, USA. Pp. 1550-1572.
  
- Swift, R. S. (1991). Effects of humic substances and polysaccharides on soil aggregation. In: *Advances in Soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. (Wilson, W.S, editor). The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Cambridge. pp. 153-162.
  
- Tan, K. H. (1996). *Soil Sampling preparation and analysis*. 10<sup>o</sup> ed. Madison, N.Y. USA. P.p. 408.
  
- Varanini, Z. y Pinton, R. (1995). Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany*, 56, 97-116.
  
- Walkley, A. y Black, I (1934). An examination of the Degtjaeff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
  
- Walinga, I.; Kithome, M.; Novozamsky, I.; Houba, V.J.G. y J.J Van der Lee (1992). Spectrophotometric determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil.Sci. Plant Anal.* 23 (15&16): 1935-1944.

## APENDICE

### ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

**Resumen Estadístico**

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
biomasa control 1	6	0,0308374	0,00309514	10,037%	0,0253552	0,0335785
biomasa 2%	6	0,0256978	0,00668275	26,0051%	0,0191877	0,0356343
biomasa 4%	6	0,0239846	0,00309514	12,9047%	0,0212435	0,0294668
biomasa 6%	6	0,0229567	0,0032936	14,347%	0,0191877	0,027411
biomasa 12%	6	0,0212435	0,00318487	14,9922%	0,0191877	0,0253552
biomasa 20%	6	0,0202156	0,00172003	8,50841%	0,0191877	0,0232994
Total	36	0,0241559	0,0049966	20,6848%	0,0191877	0,0356343

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
biomasa control 1	0,0082233	-1,26982	0,765571
biomasa 2%	0,0164466	0,616234	-0,576033
biomasa 4%	0,0082233	1,26982	0,765571
biomasa 6%	0,0082233	-0,0405319	-0,655254
biomasa 12%	0,00616748	0,968246	-0,9375
biomasa 20%	0,00411165	1,53672	0,714285
Total	0,0164466	1,88885	-0,598784

**Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,000434969	5	0,0000869938	5,95	0,0006
Intra grupos	0,000438843	30	0,0000146281		
Total (Corr.)	0,000873812	35			

#### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
biomasa 20%	6	0,0202156	X
biomasa 12%	6	0,0212435	XX
biomasa 6%	6	0,0229567	XX

biomasa 4%	6	0,0239846	XX
biomasa 2%	6	0,0256978	X
biomasa control 1	6	0,0308374	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
biomasa control 1 - biomasa 2%	*	0,00513956	0,0045097
biomasa control 1 - biomasa 4%	*	0,00685275	0,0045097
biomasa control 1 - biomasa 6%	*	0,00788066	0,0045097
biomasa control 1 - biomasa 12%	*	0,00959385	0,0045097
biomasa control 1 - biomasa 20%	*	0,0106218	0,0045097
biomasa 2% - biomasa 4%		0,00171319	0,0045097
biomasa 2% - biomasa 6%		0,0027411	0,0045097
biomasa 2% - biomasa 12%		0,00445429	0,0045097
biomasa 2% - biomasa 20%	*	0,0054822	0,0045097
biomasa 4% - biomasa 6%		0,00102791	0,0045097
biomasa 4% - biomasa 12%		0,0027411	0,0045097
biomasa 4% - biomasa 20%		0,00376901	0,0045097
biomasa 6% - biomasa 12%		0,00171319	0,0045097
biomasa 6% - biomasa 20%		0,0027411	0,0045097
biomasa 12% - biomasa 20%		0,00102791	0,0045097

#### Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
conductividad control	6	0,15	0,104881	69,9206%	0,0	0,3	0,3
conductividad 2%	6	0,116667	0,0408248	34,9927%	0,1	0,2	0,1
conductividad 4%	6	0,1	0,0	0,0%	0,1	0,1	0,0
conductividad 6%	6	0,133333	0,0516398	38,7298%	0,1	0,2	0,1
conductividad 12%	6	0,233333	0,0516398	22,1313%	0,2	0,3	0,1
conductividad 20%	6	0,3	0,0	0,0%	0,3	0,3	0,0
Total	36	0,172222	0,0881917	51,2081%	0,0	0,3	0,3

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
conductividad control	0,0	-0,123967
conductividad 2%	2,44949	3,0
conductividad 4%	1,36931	-1,66667
conductividad 6%	0,968246	-0,9375
conductividad 12%	0,968246	-0,9375
conductividad 20%		
Total	0,805564	-1,43853

#### Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
---------------	--------------------------	-----------	-----------------------	----------------	----------------

Entre grupos	0,182222	5	0,0364444	12,15	0,0000
Intra grupos	0,09	30	0,003		
Total (Corr.)	0,272222	35			

### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
conductividad 4%	6	0,1	X
conductividad 2%	6	0,116667	X
conductividad 6%	6	0,133333	X
conductividad control	6	0,15	X
conductividad 12%	6	0,233333	X
conductividad 20%	6	0,3	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
conductividad control - conductividad 2%		0,0333333	0,0645825
conductividad control - conductividad 4%		0,05	0,0645825
conductividad control - conductividad 6%		0,0166667	0,0645825
conductividad control - conductividad 12%	*	-0,0833333	0,0645825
conductividad control - conductividad 20%	*	-0,15	0,0645825
conductividad 2% - conductividad 4%		0,0166667	0,0645825
conductividad 2% - conductividad 6%		-0,0166667	0,0645825
conductividad 2% - conductividad 12%	*	-0,116667	0,0645825
conductividad 2% - conductividad 20%	*	-0,183333	0,0645825
conductividad 4% - conductividad 6%		-0,0333333	0,0645825
conductividad 4% - conductividad 12%	*	-0,133333	0,0645825
conductividad 4% - conductividad 20%	*	-0,2	0,0645825
conductividad 6% - conductividad 12%	*	-0,1	0,0645825
conductividad 6% - conductividad 20%	*	-0,166667	0,0645825
conductividad 12% - conductividad 20%	*	-0,0666667	0,0645825

\* indica una diferencia significativa.

### Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
Cic control	6	13,753	0,190825	1,38751%	13,498	14,008	0,51
cic 2%	6	18,836	1,02948	5,46547%	17,782	20,128	2,346
cic 4%	6	17,442	1,39359	7,98983%	16,15	19,006	2,856
cic 6%	6	18,972	0,88609	4,67051%	17,782	19,822	2,04
cic 12%	6	24,888	1,12601	4,52431%	23,698	26,044	2,346
cic 20%	6	25,534	0,213957	0,83793%	25,126	25,738	0,612
Total	36	19,9042	4,27732	21,4896%	13,498	26,044	12,546

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Cic control	0,0	-0,6
cic 2%	0,151278	-1,3637
cic 4%	0,24509	-1,35921
cic 6%	-0,267443	-1,2079
cic 12%	-0,000991086	-1,57851
cic 20%	-1,75524	1,82851
Total	0,296278	-1,52894

**Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	614,656	5	122,931	143,58	0,0000
Intra grupos	25,6857	30	0,856191		
Total (Corr.)	640,342	35			

**Pruebas de Múltiple Rangos**

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cic control	6	13,753	X
cic 4%	6	17,442	X
cic 2%	6	18,836	X
cic 6%	6	18,972	X
cic 12%	6	24,888	X
cic 20%	6	25,534	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Cic control - cic 2%	*	-5,083	1,09104
Cic control - cic 4%	*	-3,689	1,09104
Cic control - cic 6%	*	-5,219	1,09104
Cic control - cic 12%	*	-11,135	1,09104
Cic control - cic 20%	*	-11,781	1,09104
cic 2% - cic 4%	*	1,394	1,09104
cic 2% - cic 6%		-0,136	1,09104
cic 2% - cic 12%	*	-6,052	1,09104
cic 2% - cic 20%	*	-6,698	1,09104
cic 4% - cic 6%	*	-1,53	1,09104
cic 4% - cic 12%	*	-7,446	1,09104
cic 4% - cic 20%	*	-8,092	1,09104
cic 6% - cic 12%	*	-5,916	1,09104
cic 6% - cic 20%	*	-6,562	1,09104
cic 12% - cic 20%		-0,646	1,09104

**Resumen Estadístico**

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Mo control	6	4,60667	0,20423	4,43336%	4,218	4,824	0,606
mo 2%	6	5,457	0,284306	5,20994%	5,056	5,83	0,774
mo 4%	6	6,67267	0,306567	4,59437%	6,262	7,046	0,784
mo 6%	6	9,669	0,332264	3,43639%	9,142	10,018	0,876
mo 12%	6	14,6763	0,756579	5,1551%	13,942	15,71	1,768
mo 20%	6	21,5873	0,7835	3,62944%	20,664	22,444	1,78
Total	36	10,4448	6,10081	58,4098%	4,218	22,444	18,226

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Mo control	-1,68382	1,92299
mo 2%	-0,100946	-0,419797
mo 4%	0,167857	-0,629461
mo 6%	-0,553902	-0,0791145
mo 12%	0,415372	-1,05051
mo 20%	-0,0666394	-1,07745
Total	2,15864	-0,741037

**Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1295,13	5	259,026	<b>1027,06</b>	<b>0,0000</b>
Intra grupos	7,56603	30	0,252201		
Total (Corr.)	1302,69	35			

**Pruebas de Múltiple Rangos**

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Mo control	6	4,60667	X
mo 2%	6	5,457	X
mo 4%	6	6,67267	X
mo 6%	6	9,669	X
mo 12%	6	14,6763	X
mo 20%	6	21,5873	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Mo control - mo 2%	*	<b>-0,850333</b>	0,592144
Mo control - mo 4%	*	<b>-2,066</b>	0,592144
Mo control - mo 6%	*	<b>-5,06233</b>	0,592144
Mo control - mo 12%	*	<b>-10,0697</b>	0,592144
Mo control - mo 20%	*	<b>-16,9807</b>	0,592144
mo 2% - mo 4%	*	<b>-1,21567</b>	0,592144
mo 2% - mo 6%	*	<b>-4,212</b>	0,592144
mo 2% - mo 12%	*	<b>-9,21933</b>	0,592144
mo 2% - mo 20%	*	<b>-16,1303</b>	0,592144
mo 4% - mo 6%	*	<b>-2,99633</b>	0,592144

mo 4% - mo 12%	*	-8,00367	0,592144
mo 4% - mo 20%	*	-14,9147	0,592144
mo 6% - mo 12%	*	-5,00733	0,592144
mo 6% - mo 20%	*	-11,9183	0,592144
mo 12% - mo 20%	*	-6,911	0,592144

\* indica una diferencia significativa

#### Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
coef control	6	0,000481076	0,0000520734	10,8244%	0,00043597
coef 2%	6	0,000753341	0,000182585	24,2367%	0,000513929
coef 4%	6	0,000640167	0,0000722091	11,2797%	0,000510785
coef 6%	6	0,000731478	0,000112437	15,3712%	0,0006017
coef 12%	6	0,000734898	0,000102645	13,9672%	0,000600117
coef 20%	6	0,000754342	0,0000634054	8,4054%	0,000665448
Total	36	0,00068255	0,000140248	20,5477%	0,00043597

	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
coef control	0,000575744	0,000139774	1,41787	1,09761
coef 2%	0,000952103	0,000438174	-0,158757	-0,875078
coef 4%	0,000702697	0,000191912	-1,3684	0,869553
coef 6%	0,000872464	0,000270764	0,431853	-0,857948
coef 12%	0,000810196	0,000210079	-0,958887	-0,93408
coef 20%	0,000814491	0,000149043	-0,655683	-0,884323
Total	0,000952103	0,000516133	-0,10966	-0,895464

#### Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3,46127E-7	5	6,92255E-8	6,07	0,0005
Intra grupos	3,42308E-7	30	1,14103E-8		
Total (Corr.)	6,88435E-7	35			

#### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
coef control	6	0,000481076	X
coef 4%	6	0,000640167	X
coef 6%	6	0,000731478	X
coef 12%	6	0,000734898	X
coef 2%	6	0,000753341	X
coef 20%	6	0,000754342	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
coef control - coef 2%	*	-0,000272265	0,000125951
coef control - coef 4%	*	-0,000159091	0,000125951
coef control - coef 6%	*	-0,000250402	0,000125951
coef control - coef 12%	*	-0,000253823	0,000125951

coef control - coef 20%	*	-0,000273266	0,000125951
coef 2% - coef 4%		0,000113175	0,000125951
coef 2% - coef 6%		0,0000218635	0,000125951
coef 2% - coef 12%		0,0000184427	0,000125951
coef 2% - coef 20%		-0,00000100033	0,000125951
coef 4% - coef 6%		-0,000091311	0,000125951
coef 4% - coef 12%		-0,0000947318	0,000125951
coef 4% - coef 20%		-0,000114175	0,000125951
coef 6% - coef 12%		-0,00000342083	0,000125951
coef 6% - coef 20%		-0,0000228638	0,000125951
coef 12% - coef 20%		-0,000019443	0,000125951

\* indica una diferencia significativa.

## pH

### Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
control	6	5,885	0,362091	6,15278%	5,3	6,26	0,96
2 %	6	5,395	0,433993	8,04436%	4,9	6,06	1,16
4%	6	5,10667	0,14208	2,78224%	4,99	5,37	0,38
6%	6	5,14333	0,210301	4,08881%	4,91	5,42	0,51
12%	6	5,06833	0,234897	4,6346%	4,85	5,51	0,66
20%	6	4,935	0,296968	6,01759%	4,69	5,33	0,64
Total	36	5,25556	0,41971	7,98603%	4,69	6,26	1,57

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
control	-0,886601	-0,0960412
2 %	0,602697	-0,365694
4%	1,58524	1,28875
6%	0,657949	-0,823609
12%	1,63555	1,60563
20%	0,901044	-0,924153
Total	2,39482	0,205304

### Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3,52929	5	0,705858	8,03	0,0001
Intra grupos	2,6362	30	0,0878733		
Total (Corr.)	6,16549	35			

### Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
20%	6	4,935	X

12%	6	5,06833	XX
4%	6	5,10667	XX
6%	6	5,14333	XX
2 %	6	5,395	X
control	6	5,885	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - 2 %	*	0,49	0,349528
control - 4%	*	0,778333	0,349528
control - 6%	*	0,741667	0,349528
control - 12%	*	0,816667	0,349528
control - 20%	*	0,95	0,349528
2 % - 4%		0,288333	0,349528
2 % - 6%		0,251667	0,349528
2 % - 12%		0,326667	0,349528
2 % - 20%	*	0,46	0,349528
4% - 6%		-0,0366667	0,349528
4% - 12%		0,0383333	0,349528
4% - 20%		0,171667	0,349528
6% - 12%		0,075	0,349528
6% - 20%		0,208333	0,349528
12% - 20%		0,133333	0,349528

\* indica una diferencia significativa.

## Nitrógeno total

### Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
control	6	0,0073	0,00100797	13,8078%	0,006	0,008	0,002
2 %	6	0,0296667	0,0018619	6,27606%	0,028	0,032	0,004
4%	6	0,034	0,00178885	5,26134%	0,032	0,036	0,004
6%	6	0,100667	0,00225093	2,23602%	0,098	0,103	0,005
12%	6	0,294833	0,0949788	32,2144%	0,101	0,336	0,235
20%	6	0,561	0,0250918	4,4727%	0,532	0,588	0,056
Total	36	0,171244	0,205347	119,914%	0,006	0,588	0,582

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
control	-0,959676	-0,9375
2 %	0,723001	-0,9375
4%	0	-0,9375
6%	-0,327351	-0,9375
12%	-2,44714	2,99554
20%	-0,17843	-0,9375
Total	2,72886	-0,417157

**Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,42754	5	0,285507	177,27	0,0000
Intra grupos	0,0483166	30	0,00161055		
Total (Corr.)	1,47585	35			

**Pruebas de Múltiple Rangos**

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
control	6	0,0073	X
2 %	6	0,0296667	X
4%	6	0,034	X
6%	6	0,100667	X
12%	6	0,294833	X
20%	6	0,561	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
control - 2 %		-0,0223667	0,0473196
control - 4%		-0,0267	0,0473196
control - 6%	*	-0,0933667	0,0473196
control - 12%	*	-0,287533	0,0473196
control - 20%	*	-0,5537	0,0473196
2 % - 4%		-0,00433333	0,0473196
2 % - 6%	*	-0,071	0,0473196
2 % - 12%	*	-0,265167	0,0473196
2 % - 20%	*	-0,531333	0,0473196
4% - 6%	*	-0,0666667	0,0473196
4% - 12%	*	-0,260833	0,0473196
4% - 20%	*	-0,527	0,0473196
6% - 12%	*	-0,194167	0,0473196
6% - 20%	*	-0,460333	0,0473196
12% - 20%	*	-0,266167	0,0473196

\* indica una diferencia significativa.

