



Universidad de Carabobo
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología
Departamento de Química



EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIGNITOS COMO ENMIENDA ORGÁNICA SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS EN SUELOS IMPACTADOS POR ESCORIA METÁLICA

Autor:

Br. Lisamdys Salamanca

Tutor:

Dr. Arnaldo Armado

Valencia, abril 2015



Universidad de Carabobo
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología
Departamento de Química
Trabajo Especial de Grado



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LIGNITOS COMO ENMIENDA
ORGÁNICA SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS EN SUELOS
IMPACTADOS POR ESCORIA METÁLICA**

*Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Carabobo como requisito
parcial para optar al título de Licenciado en Química*

Autor:

Br. Lisamdys Salamanca

C.I: 20515882

Tutor:

Dr. Arnaldo Armado

Valencia, Abril 2015

Este trabajo fue subvencionado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo (CDCH-UC), mediante:

- ✓ **Proyecto de Investigación N° 2010-005 aprobado según oficio N° CDCH-520-2010 de fecha 21-10-2010.**

DEDICATORIA:

*Se lo dedico especialmente a Dios,
Mis Padres y mis hermanas,
Por siempre guiar mi camino.*

2015
Año Internacional
de los Suelos



AGRADECIMIENTOS

**A Dios que en su infinita bondad me permitió nacer, me dio inteligencia, me dio fuerza y me dio lo que necesite para llegar hasta aquí.*

**A mis Padres que cada día despertaron para conseguir lo que se pudiera para darme, lo que necesitaba y más.*

Gracias Samuel Salamanca no existe un padre mejor que tú, siempre pendiente de mí, de mi bienestar, de lo que tenía que hacer nunca me presionaste, me diste espacio sin alejarte de mí, eres la razón por la que estoy aquí, este triunfo también es tuyo padre.

Gracias Ludys Gonzalez. Gracias por ser una madre dedicada, cuidadosa, protectora 100 %, me transmites día a día tu sensibilidad, hiciste de mí una gran persona, nunca podre alejar de mi pensamiento cuanto amor, cuanto cuidado me das, hiciste lo necesario para enseñarme como vivir, te desvelaste por mí, eres una gran madre, mi vieja me diste mucho y ahora te doy gracias, las páginas de mi vida están escritas con las palabras de tu vida y con cada soplo de mi alma viviré para agradecerte por todo lo que has hecho por mí ¡Gracias madre, bendición!.

** A mis familiares: hermanas, tíos, primos, padrinos, abuela y todas las personas que me colaboraron siempre cuando necesité de su ayuda.*

**A mis amigos y compañeros en diferentes etapas de mi vida. Ángel, Luis, Deivyd, Grysette, Feriannys, Claudia y Rossanie por pasar de ser personas desconocidas a convertirse en parte de mi vida y familia, pueden contar conmigo siempre, sin importar lo que pase.*

**A mi tutor y amigo Prof. Arnaldo por guiarme con mucha paciencia en la realización de este trabajo y apoyarme grandemente en mis deseos de superación, quien académicamente me compartió muchas experiencias llenas de sabiduría; en lo personal por ser un excelente ser humano, personas tan capacitadas como el necesita este mundo para avanzar en bienestar y progreso, le deseo mucho éxito siempre.*

**A la Facyt por permitirme utilizar sus instalaciones para desarrollarme como químico y ser fuente en mi vida de tanto conocimiento, en especial a las técnicas de laboratorio Lesbia y Beatriz por su apoyo incondicional, son unas excelentes personas.*



Evaluación del efecto de lignitos como enmienda orgánica sobre indicadores bioquímicos en suelos impactados por escoria metálica



Autor: Lisamdys Salamanca, C.I: 20.515.882

Centro de Investigación en Ambiente, Biología y Química (AMBIOQUIM), Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo

RESUMEN

Con motivo de evaluar el efecto y factibilidad de aplicar lignito como enmienda orgánica sobre suelos afectados por escoria metálica, caracterizado por poseer elevados valores de pH y poco contenido de materia orgánica, se estudiaron diferentes parámetros bioquímicos (respiración del suelo, actividad ureásica, diversidad microbiana y biomasa microbiana), tomados como indicadores de la calidad. Además se evaluaron propiedades físicas (textura, humedad y capacidad de retención de humedad) y químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad y materia orgánica total) para caracterizar el suelo antes y después de ser enmendado. Se evidenció con los resultados obtenidos que el porcentaje de materia orgánica total en el suelo aumentó significativamente a mayor cantidad de residuos de lignito añadido, obteniéndose porcentajes de incorporación de la misma de hasta de un 91,08% $\pm 0,10$; se modificaron positivamente otros parámetros relacionados con la cantidad de materia orgánica como la humedad y el contenido de limo ya que al existir mayor cantidad de la misma se propició la formación de minerales con gran área superficial que pueden adsorber mayor cantidad de agua, es decir, mayor humedad, generando un ambiente adecuado para los microorganismos. A su vez, se logró una disminución de pH desde valores cercanos a 10,00 hasta llegar a valores cercanos a 5,00, siendo los valores de pH cercanos a la neutralidad en donde se tienen mayor disponibilidad de nutrientes. En el caso de la actividad microbiana, medida en función de la respiración del suelo, la biomasa microbiana y la actividad de la enzima ureasa, mostraron un aumento para los sistemas con 4% y 6% de lignito para la secciones 2B y 1B respectivamente. La diversidad microbiana, estimada mediante el índice de Shannon, aumentó al incrementarse el contenido de lignito, en bacterias, hongos, microorganismos productores de amilasa, proteasa, celulasa y fijadores de nitrógeno. Adicionalmente, se observó una mayor cantidad de microorganismos

proteolíticos en comparación a los amilolíticos y fijadores de nitrógeno, para ambas secciones de muestreo; no se observó crecimiento de organismos celulíticos. Finalmente se aislaron y caracterizaron macro y micro-morfológicamente colonias bacterianas y fúngicas en las diferentes muestras estudiadas. Las bacterias Gram-positivas resultaron estar en mayor cantidad que las Gram-negativas. Con respecto a la carga fúngica, se identificaron los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, especies características de los suelos, que se adaptan con facilidad a medios hostiles y poseen fácil proliferación.

Palabras Claves: materia orgánica, contaminación de suelos, microorganismos del suelo, actividad microbiológica, lignito, enmienda orgánica, bioindicadores.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
El problema	3
I. 1. Planteamiento del problema	3
I. 2. Objetivos	4
I. 2. 1. Objetivo general:	4
I. 2. 2. Objetivos específicos	4
I. 3. Justificación	5
CAPITULO II	6
Marco teórico	6
II.1. Antecedentes	6
II. 2. Bases teóricas	8
II. 2. 1. El suelo	8
II. 2. 2. Indicadores de la calidad del suelo	8
II. 2. 3. Indicadores físicos	9
II. 2. 3. 1. Textura	9
II. 2. 3. 2. Humedad	9
II. 2. 3. 3 Capacidad de retención de humedad	10
II. 2. 4 Indicadores químicos	10
II. 2. 4. 1. Reacción del suelo	10
II. 2. 4. 2. Capacidad de intercambio catiónico	11
II. 2. 4. 3. Conductividad eléctrica	11
II. 2. 4. 4. Materia orgánica	12
II. 2. 5. Indicadores bioquímicos	13
II. 2. 5. 1. Respiración del suelo	13
II. 2. 5. 2. Biomasa microbiana	14
II. 2. 5. 3. Respiración inducida por sustrato	14
II. 2. 5. 4. 1 Diversidad microbiana	15
II. 2. 5. 5. Actividad ureásica	16
II. 2. 6. Contaminación del suelo	17
II. 2. 7. Remediación del suelo	18
II. 2. 7. 1. Factores que inciden en los procesos de remediación	18
II. 2. 7. 2. Clasificación de las tecnologías de remediación	20
II. 2. 8. El lignito	20
II. 2. 9. Leyes y reglamentos ambientales	21

CAPITULO III	23
Marco metodologico Experimental	23
III. 1. Población y muestreo	23
III. 2. Preparación de las muestras	23
III. 3. Determinación de propiedades físicas, químicas y bioquímicas del suelo posterior al período de incubación	24
III. 3. 1. Indicadores físicos	24
III. 3. 1. 1. Textura	24
III. 3. 1. 2. Contenido de humedad	26
III. 3. 1. 3. Capacidad de retención de humedad	26
III. 3. 2. Indicadores químicos	26
III. 3. 2. 1. Reacción del suelo	26
III. 3. 2. 2. Capacidad de intercambio iónico	26
III. 3. 2. 3. Conductividad eléctrica	27
III. 3. 2. 4. Materia orgánica	27
III. 3. 3. Indicadores bioquímicos	28
III. 3. 3. 1. Respiración del suelo	28
III. 3. 3. 2. Biomasa microbiana	29
III. 3. 3. 3. Diversidad microbiológica	29
III. 3. 3. 3. 1. Microorganismos cultivables	29
III. 3. 3. 3. 2. Aislamiento de microorganismos representativos de cada una de las muestras	30
III. 3. 3. 3. 3. Determinación cuantitativa de la presencia de organismos cultivables productores de amilasas, proteasas, celulasas y fijadores de nitrógeno	30
III. 3. 3. 3. 4. Determinación del Índice de Shannon	31
III. 3. 3. 3. 5. Caracterización macro y micromorfológica de las colonias	31
III. 3. 3. 4. Actividad ureásica	32
III. 4. Análisis estadístico	33
CAPITULO IV	35
Análisis de Resultados	35
IV. 1. Indicadores físicos	24
IV. 1. 1. Textura	35
IV. 1. 2. Humedad	37
IV. 1. 3. Capacidad de retención de humedad	39
IV. 2. Indicadores químicos	40
IV. 2. 1. Reacción del suelo	41
IV. 2. 2. Capacidad de intercambio catiónico	42
IV. 2. 3. Bases intercambiables	44

IV. 2. 4. Conductividad	46
IV. 2. 5. Materia orgánica total	48
IV. 3. Indicadores bioquímicos	50
IV. 3. 1. Respiración del suelo	50
IV. 3. 2. Biomasa microbiana.....	53
IV. 3. 3. 1. Diversidad microbiana	54
IV. 3. 3. 2. Determinación cuantitativa de la presencia de organismos cultivables productores de amilasas, proteasas, celulasas y fijadores de nitrógeno	60
IV. 3. 4. Actividad ureasa.....	63
CAPITULO V.....	65
Conclusiones y Recomendaciones	65
V. 1. Conclusiones.....	65
V.2. Recomendaciones.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APENDICES	73
Apéndice A. Correlación de Pearson entre los parámetros estudiados luego del tratamiento de los suelos afectados por escoria metálica con lignito.....	73
Apéndice B. Morfología de las colonias bacterianas aisladas.....	75
Apéndice C. Fotografía de algunas colonias de bacterias y hongos.....	76
Apéndice D. Microfotografía de algunas colonias de bacterias aisladas, tras la tinción de Gram.....	77
Apéndice E. Fotografía de algunas colonias fúngicas aisladas.....	78
Apéndice F. Análisis estadístico de los resultados obtenidos luego del tratamiento de los suelos afectados por escoria metálica con lignito.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reacción de la hidrólisis de la urea	17
Figura 2. Factores Interrelacionados entre sí que inciden en la remediación de un suelo.	18
Figura 3. Imagen aérea de la Industria Acerera (ACERVEN) de Tinaquillo, Edo Cojedes	23
Figura 4. Esquema de muestreo aleatorio estratificado realizado por Duran (2011) en la zona delimitada de estudio	23
Figura 5: Morfología de colonias bacterianas	32
Figura 6: Metodología aplicada de la tinción de Gram.....	32
Figura 7. Variación del contenido porcentual de arena los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.....	35

Figura 8. Variación del contenido porcentual de limo los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.....	36
Figura 9. Variación del porcentaje de humedad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.....	38
Figura 10. Variación del porcentaje de retención de humedad en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.....	40
Figura 11. Variación de la capacidad de intercambio catiónico en los sistemas suelo-lignito.....	43
Figura 12. Variación del contenido de Ca^{2+} en los sistemas suelo- lignito para las secciones 1B y 2B.	44
Figura 13. Variación del contenido de Mg^{2+} en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.	45
Figura 14. Variación del contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} en los sistemas suelo- lignito para las secciones 1B y 2B.....	46
Figura 15. Variación de la conductividad en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.	47
Figura 16. Variación del porcentaje de materia orgánica en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.....	49
Figura 17. Variación de la respiración microbiana en los sistemas suelo-lignito para la sección 1B.....	51
Figura 18. Variación de la respiración microbiana en los sistemas suelo-lignito para la sección 2B.....	51
Figura 19. Variación de la biomasa microbiana en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.....	54
Figura 20. Carga bacteriana cultivable (UFC/g suelo) presentes en las muestras.	55
Figura 21. Carga fúngica cultivable (UFC/g suelo) presentes en las muestras	56
Figura 22. Índice de Diversidad de Shannon para bacterias.	58
Figura 23. Índice de Diversidad de Shannon para hongos.	59
Figura 24. Índice de diversidad de Shannon sección 1B	60
Figura 25. Índice de diversidad de Shannon sección 2B.....	61
Figura 26. Determinación de la presencia de microorganismos degradadores de amilasas.	62
Figura 27. Variación de la actividad ureasa en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.	63
Figura C1. Colonia bacteriana Muestra 1B 6%.....	76
Figura C2. Colonia bacteriana Muestra 2B 4%.....	76
Figura C3. Bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas Muestra 2B 6%.....	76
Figura C4. Colonia bacterianas Muestra 2B 10%	76

Figura C5. Colonia bacteriana aislada Muestra 1B 8%	76
Figura C6. Colonia fúngica Muestra 2B 8%	76
Figura C7. Colonias fúngicas Muestra 1B 4%	77
Figura C8. Colonia fúngica Muestra 1B 8%	77
Figura D1. Muestra 1B 6%, bacilos Gram-positivos	77
Figura D2. Muestra 1B 0%, cocos Gram-positivos	77
Figura D3. Muestra 2B 6%, bacilos Gram-negativos	77
Figura D4. Muestra 1B 2%, cocos Gram-negativos	77
Figura D5. Muestra 2B 4%, bacilos Gram-positivos	78
Figura D6. Muestra 1B 4%, cocos Gram-positivos	78
Figura E1. Muestra 1B 10%, hongos Penicillium	78
Figura E2. Muestra 2B 6%, hongos Penicillium	78
Figura E3. Muestra 2B 10%, hongos Aspergillus	78
Figura E4. Muestra 1B 8%, hongos Aspergillus	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tamaño de los separados del suelo	9
Tabla 2. Intervalo de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos.	25
Tabla 3. Variación de la textura en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.....	36
Tabla 4. Variación de la Humedad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.....	39
Tabla 5. Variación de la retención de humedad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.....	40
Tabla 6 Variación de pH en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B	41
Tabla 7. Efecto del pH sobre la solubilidad de algunos elementos	42
Tabla 8. Variación de la C.I.C en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.....	43
Tabla 9. Variación de las Bases intercambiables totales en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.....	46
Tabla 10. Variación de la Conductividad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.....	47
Tabla 11. Porcentaje de materia orgánica incorporada en los sistemas suelo-lignito de las secciones 1B y 2B	50
Tabla 12. Respiración basal de las secciones 1B y 2B.	53

Tabla 13. Variación de la Biomasa microbiana en los sistemas suelo-lignito de las secciones 1B y 2B.....	54
Tabla 14. Morfología microscópica de las colonias de bacterias aisladas.....	58
Tabla 15. Variación de la Actividad ureasa en los sistemas suelo-lignito de las secciones 1B y 2B.....	63

INTRODUCCIÓN

El suelo se define como la parte superficial de la corteza terrestre biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella (Buol, 1997). Por ende es un elemento natural muy complejo que presenta numerosas variantes en sus características y estas pueden llegar a ser alteradas fácilmente por la adición de agentes externos en el mismo, llegando a su contaminación.

Al hablar de contaminación nos referimos a la introducción de contaminantes a un medio natural, provocando en este un cambio adverso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo, refiriéndonos en este caso específico al sistema suelo. El contaminante puede ser una sustancia química o energía (como sonido, calor, luz o radiactividad) (Bautista, 1999). Las sustancias naturales pueden ocasionar daños ecológicos importantes; sin embargo, a corto plazo serán degradadas; en tanto que las sustancias sintéticas, por no ser biodegradables requieren un tratamiento mucho más extensivo y cuidadoso para su transformación final. Entre la gran diversidad de contaminantes existentes podemos encontrar a los metales pesados que pertenecen al índole bioacumulativos, caracterizados por presentar altos e irreversibles efectos nocivos, que se manifiestan a largo plazo. Por tal razón, es importante conocer y evaluar el impacto que estos generan sobre el ambiente y determinar la manera más adecuada de tratarlos con el fin de intentar solventar dichos efectos adversos.

Una de las formas usadas para tratar suelos impactados con metales es la adición de enmiendas orgánicas, que tienden a inmovilizar los metales y hacerlos menos disponibles; dichas enmiendas juegan un papel importante en la agricultura por su influencia significativa en la calidad y productividad de los suelos y por fomentar diversos 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).

Entre las diversas enmiendas que existen, las derivadas del carbono u orgánicas se encuentran entre las más usadas, de ellas destaca el lignito, que es

un carbón mineral que se forma por compresión de la turba, convirtiéndose en una sustancia desmenuzable en la que aún se pueden reconocer algunas estructuras vegetales. Es de color negro o pardo y frecuentemente presenta una textura similar a la de la madera de la que procede, en teoría puede representar una fuente de carbono y alimento para los organismos presentes en el suelo y a su vez es rico en sustancias ácidas que pueden llegar a contrarrestar problemas de pH elevado en el suelo (Inst. Tecnológico Geominero España, 1987).

Por ende en el presente trabajo de investigación se realizó el estudio de la variabilidad de algunas propiedades físicas (textura, humedad y capacidad de retención de humedad), químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables, conductividad y materia orgánica total) y bioquímicas (respiración del suelo, actividad ureásica, biomasa microbiana y diversidad de comunidades microbianas) en muestras de suelo impactadas por escoria metálica, sometidas a tratamiento con lignito, teniendo como propósito determinar la factibilidad de dicha enmienda para poder decidir sobre el futuro manejo sustentable del suelo.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

I. 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el constante crecimiento poblacional e industrial existentes en el país, es natural que la cantidad de desechos generados vayan en aumento, sin embargo, el principal inconveniente y causante de efectos contaminantes; es el hecho que en la mayoría de los casos, estos desechos generados no son tratados de una manera correcta, sino que son dispuestos al aire libre entrando en contacto con diferentes condiciones ambientales, como la lluvia, lo que ha de ocasionar lixiviaciones, contaminación de los suelos y aguas subterráneas, generando efectos adversos sobre el estado del suelo.

A pesar de que la industria metalúrgica provee un impacto positivo en diversos factores económicos de la región es una de las industrias más contaminantes debido al exceso de exposición ambiental, generando en promedio 0,55 kg de desechos sólidos por cada kg de acero producido. Entre los principales desechos producidos por la industria metalúrgica se encuentran a nivel de escoria los siguientes: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO y MgO ; además de algunos metales como el Fe, Cr, Ni, Zn, Pb, Cu (Castells, 2000.)

Dada la problemática planteada, de que se cuenta con suelos impactados con metales, y estos afectan las propiedades físicas, químicas y bioquímicas originales del mismo. Dentro del cual Duran (2011), reportó entre unas de sus más alteradas características un elevado valor de pH como principal problemática, por ende se aplicó un tratamiento con lignito, tomando en cuenta los resultados presentados en el trabajo realizado por Piñero (2012), en donde se evidencia una disminución del pH en suelos agrícolas tratados con este y el aumento en la cantidad de materia orgánica generando un ambiente favorable para el crecimiento de microorganismos que puedan ayudar a establecer un equilibrio en el sistema suelo.

Tomando en cuenta esta información se realizó el presente trabajo de investigación, donde se estudió la influencia del lignito como enmienda orgánica sobre las propiedades físicas, químicas y bioquímicas de muestras de suelo afectadas por escoria metálica, de manera que se pudo evidenciar los efectos que este trae en la calidad del suelo, al analizar los indicadores correspondientes.

I. 2. OBJETIVOS

I. 2. 1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto generado sobre indicadores bioquímicos en un suelo impactado con escoria metálica en Tinaquillo Edo. Cojedes, al ser tratado con Lignito como enmienda orgánica.

I. 2. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer sistemas suelo-lignito para 2 secciones de suelo tomadas en una parcela afectada por actividad metalúrgica, con valores variables de porcentaje de lignito para su análisis.
- Determinar propiedades físicas (textura, humedad y capacidad de retención de humedad) y químicas (pH, capacidad de Intercambio catiónico, conductividad y materia orgánica total) de muestras de suelo impactadas con escoria metálica luego del tratamiento con lignito.
- Evaluar la actividad de la enzima ureasa, como indicador bioquímico del ciclo del nitrógeno luego del tratamiento con lignito.
- Determinar la respiración del suelo como indicador bioquímico del ciclo del carbono posterior al tratamiento con lignito.
- Evaluar la biomasa microbiana del suelo, luego del tratamiento con lignito.
- Analizar la variación en las comunidades microbianas cultivables de hongos y bacterias.
- Realizar un estudio comparativo entre los parámetros físicos, químicos y bioquímicos determinados para el suelo impactado, con y sin aplicación de lignito.

I. 3. JUSTIFICACIÓN

La contaminación es un problema que afecta a un gran número de especies animales y plantas en el planeta, causando graves consecuencias en el medio ambiente donde habitan los mismos. Esto hace que sea un problema grave a tratar y por ende es necesario el estudio, análisis y aplicación de nuevas técnicas para revertir o disminuir el impacto que esta causa en el ecosistema.

Por este motivo se planteó la posibilidad de aplicar esta enmienda orgánica, debido a que es un producto de elaboración nacional, que puede llegar a fomentar diversos factores económicos de la región. El lignito y los ácidos presentes en el mismo puede ser una propuesta adecuada como regulador del pH en suelos que presenten características básicas, y a su vez la matriz orgánica que este aporta puede traer grandes beneficios en suelos con un bajo contenido de la misma, dado que existe una gran posibilidad de incrementar la cantidad de microorganismos que juegan un papel protagónico en la descomposición y transformación de la materia orgánica y en los ciclos biogeoquímicos del suelo.

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, ejerciendo modificaciones en el suelo que pueden llegar a mejorar la permeabilidad y aumentar la fuerza de cohesión en suelos arenosos, o disminuirla en suelos arcillosos (Piñero, 2012).

Las sustancias húmicas pueden retener los nutrientes por sus propiedades de intercambio iónico y son fuente de nitrógeno, fósforo y azufre para las plantas. 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).

Por todo lo expuesto anteriormente, se hace necesario el estudio de los efectos de los lignitos sobre las propiedades del suelo contaminados con escorias metálicas para determinar si existen mejoras que puedan beneficiar a estos suelos contaminados lo que incide en un posible y viable camino para su remediación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

II. 1. ANTECEDENTES

Duran (2011), realizó un estudio del impacto generado por la industria acerera, sobre algunas de las propiedades físicas, químicas y biológicas en muestras de suelo tomadas de la misma zona de muestreo que en este caso, en Tinaquillo Edo. Cojedes, evidenciando un aumento considerable de pH hasta de dos unidades en comparación con el suelo control en las áreas más cercanas a la zona de actividad industrial. La actividad de los microorganismos fue estimada mediante la determinación de tres parámetros: la respiración del suelo, la actividad ureasa y la biomasa microbiana. Estos parámetros, se obtuvieron a través de mediciones indirectas, las cuales fueron la cantidad de CO₂ producido, la cantidad de amonio liberado y el CO₂ producido por la inducción de un sustrato, respectivamente. Se obtuvo que la alta concentración de sales en el suelo disminuyó la presión osmótica en la región de disposición de desechos, causando estrés en los microorganismos y disminuyendo la respiración acumulativa. Respecto a la actividad ureasa, se determinó que en la mayoría de las secciones se contó con una actividad enzimática menor a la del suelo control. Los resultados de la biomasa microbiana en todas las secciones impactadas fueron menores a la del control, indicando que la escoria metálica afecta negativamente este parámetro.

Piñero (2012), evaluó 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 microcosmos de suelo por duplicado y cada uno se le agregó lignito en la proporción de (0, 2, 4, 6, 12, 20 % p/p) g, y así determinó 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 (43,49-46,30)% y las propiedades químicas en cuanto a pH en relación (1:2), se obtuvo una tendencia ácida, la conductividad eléctrica se obtuvo valores en un intervalo de (100-300mS/cm), los valores de materia orgánica del suelo oscilaron entre (4,82-20,66%), los valores de capacidad de intercambio catiónico, entre (13,73-25,5cmol/kg), los valores obtenidos de Nitrógeno Total (0,08-5,88) mg/kg. Para el caso de los parámetros de la actividad microbiológica los valores de respiración

basal oscilaron entre (1,48-1,86 gCO₂/kg día) los valores de biomasa microbiana obtenidos (85,78-130,86 mg Cmic/kgss), los valores de coeficientes metabólicos qCO₂, oscilaron entre (0,00048-0,00075). Finalmente concluye que se evidenció una disminución del pH a medida que el porcentaje de lignito añadido era mayor y que los parámetros de materia orgánica y nitrógeno total aumentan significativamente mejorando las propiedades químicas del suelo una vez aplicado el lignito como enmienda orgánica.

Rivas (2013), con objeto de estudiar el efecto y factibilidad de aplicar residuos de aceite comestible como enmienda orgánica sobre suelos caracterizados por poseer elevados valores de pH y poco contenido de materia orgánica, evaluó diferentes parámetros tomados como indicadores de la calidad del suelo, entre las propiedades físicas (textura, humedad y capacidad de retención de humedad), químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad y materia orgánica total) y bioquímicas (respiración del suelo, actividad ureásica, diversidad microbiana y biomasa microbiana). Se evidenció que el porcentaje de materia orgánica total en el suelo aumentó significativamente a mayor cantidad de residuos de aceite añadido, obteniéndose porcentajes de incorporación de la misma de hasta de un 75 %; se modificaron positivamente otros parámetros relacionados con la cantidad de materia orgánica como la humedad y el contenido de arcilla, ya que al existir mayor cantidad de la misma se propició la formación de minerales de arcilla con gran área superficial que pueden adsorber mayor cantidad de agua, generando un ambiente adecuado para los microorganismos. A su vez, se logró una disminución de pH desde valores cercanos a 10,00 hasta llegar a valores cercanos a 6,00, siendo estos en donde se tienen mayor disponibilidad de nutrientes.

Medina (2013), con objeto de evaluar las comunidades microbianas en suelos impactados por la actividad metalúrgica en una empresa inactiva de la ciudad de Tinaquillo, Edo. Cojedes Analizó muestras recolectadas en (Mayo-2011) y (Enero-2013). Tomando muestras simples de la zona afectada por la disposición de los residuos industriales. Se determinaron indicadores físicos, químicos y biológicos y se evaluó la variación de las comunidades microbianas cultivables mediante la cuantificación de las unidades formadoras de colonias en placas. Posteriormente se determinó cualitativamente la presencia de organismos bacterianos cultivables productores de amilasas, proteasas y celulasas. La zona 1B fue la que obtuvo menor crecimiento de microorganismos cultivables, observándose la misma tendencia tanto para las muestras Mayo-

2011 como para Enero-2013. En general se observó que la diversidad microbiana para los diferentes microorganismos disminuye en las zonas más afectadas por la escoria metálica, siendo mayor en zonas alejadas a la disposición de dicho contaminante y se demostró que el pH y el contenido de humedad afecta el crecimiento de los microorganismos presentes en la zona.

II. 2. BASES TEÓRICAS

II. 2. 1. EL SUELO

El Suelo es un cuerpo natural y dinámico que cambia con el tiempo y el espacio. Es soporte de una gran variedad de organismos, entre ellos la vegetación, de la cual dependen las actividades agrícolas que proporcionan fuente de alimento para la humanidad. Para Jaramillo (2002), el suelo es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, que se forma en la interface atmósfera – biosfera – litosfera. En ella interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera (aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (rocas, sedimentos) y de la biosfera y se realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, produciéndose una enorme complejidad.

II. 2. 2. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO

Bautista y col. (2004) explica: “Es preciso contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo”. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski y col, 1998).

Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él. Hünemeyer y col. (1997) establecieron que los indicadores deberían permitir:

- Analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible.
- Analizar los posibles impactos antes de una intervención.
- Monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas.
- Ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.
- Monitorear los efectos a largo plazo de prácticas agropecuarias y forestales, en la calidad del suelo.
- Evaluar el impacto económico de prácticas de manejo alternativas diseñadas para mejorar la calidad del suelo.
- Examinar el avance de la desertificación y aridificación de los terrenos.

II. 2. 3. INDICADORES FÍSICOS

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente (Singer y Ewing, 2000). Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. Los indicadores físicos que se determinaran en esta investigación, son textura, contenido de humedad y capacidad de retención de humedad.

II. 2. 3. 1. TEXTURA

La textura del suelo se refiere a las cantidades relativas de partículas de diverso tamaño que contiene el suelo. Es importante reconocer este parámetro, ya que muchas veces las propiedades físicas y químicas de la porción mineral de los suelos dependen de la proporción de partículas de tamaño pequeño que contiene. Las partículas minerales de diámetro menor de 2 mm se clasifican de acuerdo con su tamaño en tres grupos generales que se denominan arena, limo y arcilla (Suárez de Castro, 1979). De acuerdo con el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, los límites para los diferentes grupos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tamaño de los separados del suelo.

Nombre del Separado	Límites en diámetro en las partículas (mm)
Arena muy gruesa	2,0-1,0
Arena gruesa	1,0-0,5
Arena media	0,5-0,25
Arena fina	0,25-0,10
Arena muy fina	0,10-0,05
Limo	0,05-0,002
Arcilla	Menos de 0,002

Fuente: Suárez de Castro, 1979

II. 2. 3. 2. HUMEDAD

La cantidad de agua que posea el suelo es una de sus características más específicas y está determinada, por su textura, su contenido de materia orgánica,

la composición de sus fracciones mineral y orgánica y el arreglo que presente el medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificialmente (riego) de ella, así como por el consumo causado por la evapotranspiración. Debido a que el agua del suelo se adhiere a las partículas sólidas del mismo, hay una estrecha relación entre la cantidad de agua que son capaces de retener estas partículas y su composición (Jaramillo, 2002).

II. 2. 3. 3 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Es el contenido de humedad con que queda el suelo, luego de que sus macroporos han drenado completamente; se llega a esta condición de humedad luego de dejar drenar el suelo saturado, entre 48 y 72 horas; el agua en esta condición está retenida a tensiones comprendidas entre -0.1 y -0.3 atm (Jaramillo, 2002).

II. 2. 4 INDICADORES QUÍMICOS

Los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos. Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable (Bautista y col, 2004).

II. 2. 4. 1. REACCIÓN DEL SUELO

La reacción del suelo es aquella propiedad que establece el grado de acidez o de alcalinidad que él presenta y tiene una gran influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por esta razón, es una de sus propiedades más importantes. La reacción del suelo se evalúa al determinar el pH del mismo, al establecer el logaritmo del inverso de la concentración de H_3O^+ que hay en la solución del mismo (Jaramillo, 2002).

Esta propiedad se encuentra profundamente relacionada con los metales, como el hierro y el aluminio, que pueden estar presentes en suelo en forma de sales solubles que tiendan a su forma iónica; así como también por otras sales como el CaO y el MgO.

La acidez intercambiable es la acidez que está asociada al Al^{3+} y al $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ y se establece determinando la cantidad de aluminio intercambiable que tiene el suelo al lavarlo con una solución de KCl 1N; este tipo de acidez es la más importante en suelos que tienen $\text{pH} < 5.5$, ya que a partir de este valor empieza a aumentar la solubilidad de aluminio, en forma exponencial. En suelos minerales con pH entre 5,5 y 6,5 no hay ningún contenido de acidez intercambiable por lo que desaparece la posibilidad de toxicidad con Al^{3+} , H_3O^+ o Mn^{2+} . Hay una mejora en la actividad biológica bacteriana. En los suelos básicos se incluyen aquellos suelos que presentan valores de $\text{pH} > 7,3$. En el suelo funcionan como fuentes de alcalinidad aquellas sustancias que al reaccionar con el agua producen iones hidroxilo; en este sentido, los cationes alcalinos del suelo están constituidos por las bases, es decir, por los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ (Jaramillo, 2002).

II. 2. 4. 2. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO

El intercambio iónico es un proceso reversible, estequiométrico y rápido mediante el cual la fase sólida retira y retiene algunos iones de la solución del suelo, al tiempo que le entrega cantidades equivalentes de otros, para establecer un nuevo equilibrio entre las dos fases. Los procesos de intercambio mencionados se dan tanto con cationes como con aniones y la retención se lleva a cabo debido a la presencia de cargas electrostáticas en los coloides del suelo y en los iones presentes en la solución del mismo.

La capacidad de intercambio catiónico es la medida de la capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo. Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ (las bases del suelo) y NH_4^+ ; en suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH , el Al^{3+} juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo, junto con el H^+ , la acidez intercambiable del mismo (Jaramillo, 2002).

II. 2. 4. 3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

A través de mediciones de la conductividad eléctrica se obtiene en forma rápida y precisa información sobre la concentración total de componentes ionizados en la solución del suelo. Las sales solubles en el suelo determina la presencia en solución de una serie de combinaciones de cationes: calcio, magnesio, sodio, potasio y de los aniones: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos entre otros (Steubing y col, 2002).

Los valores de conductividad eléctrica son indicadores de la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo para ser adsorbidos por el sistema de raíces de la planta. Cuando el suelo es alterado por algún agente externo; la conductividad del suelo se incrementa con el tiempo, debido a la penetración de los frentes ácido y alcalino, así como por la solubilización de las especies iónicas como resultado de los cambios de pH (Acar y Alshawabken, 1996).

Adicionalmente la conductividad eléctrica está en relación directa con su contenido de sales en el extracto de saturación de 4 o más dSm-1, un PSI < 15% y generalmente su pH es menor a 8,5. Con frecuencia estos suelos presentan costras salinas blancas en la superficie por lo que son llamados álcali blanco (Jaramillo, 2002). Las propiedades de estos suelos dependen de su contenido de sales el cual controla el potencial osmótico de la solución del suelo y, por lo tanto, buena parte de la disponibilidad de agua para las plantas; además, este contenido también controla la posibilidad de que se presente toxicidad en ellas; los contenidos de bases son relativamente altos pero su balance es muy variable; los aniones más comunes, en estos suelos, son los cloruros y los sulfatos, aunque, a veces, es importante el contenido de nitratos (Jaramillo, 2002). Como estos suelos generalmente se desarrollan en condiciones de climas secos, su contenido de materia orgánica es bajo y, por tanto, hay deficiencia de nitrógeno; en las condiciones de pH que predominan en estos suelos también son comunes las deficiencias en fósforo y en elementos menores, exceptuando el molibdeno; los contenidos de bases son generalmente altos, pero son frecuentes los desbalances entre ellas, pudiendo ocasionar deficiencias en las plantas por antagonismo; normalmente, tienen buenas propiedades físicas.

II. 2. 4. 4. MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica condiciona las propiedades físicas (tamaño de poros, estabilidad de la estructura, densidad aparente, movimiento de agua, entre otras), e incide además sobre la disponibilidad de nutrientes y en la actividad biológica del suelo. Cumple funciones de fuente de energía para los microorganismos: es un reservorio de nutrientes y especies químicas y tiene un gran peso en las propiedades del suelo. Su influencia en estas últimas se centra en ser responsable de la formación y estabilización de los agregados del suelo, especialmente por parte de sustancia no húmicas. Las reacciones de acomplejación por la materia orgánica del suelo son uno de los procesos que gobiernan la solubilidad y bioasimilación de iones libres en solución (González y

Chueca, 2010). De esta manera, juega un papel importante en la meteorización de los silicatos del suelo, ya sea por remoción directa de los iones metálicos del mineral, iniciando así la ruptura, o estimulando la movilización efectiva de algunos cationes normalmente inmóviles o poco móviles (Besoain, 1970). La disminución del contenido de materia orgánica va asociada a una degradación del territorio, por todo ello, la materia orgánica constituye uno de los indicadores de calidad de los suelos.

II. 2. 5. INDICADORES BIOQUÍMICOS

Las propiedades bioquímicas del suelo integran gran cantidad de factores, los cuales son muy sensibles a las ligeras alteraciones que el mismo pueda sufrir, a diferencia de las propiedades físicas y químicas, por lo tanto es un indicador sensible de la calidad del suelo, además de ser un componente fundamental en numerosos procesos y funciones llevadas a cabo en el suelo, como la descomposición de residuos orgánicos, el ciclo de nutrientes, la síntesis de sustancias húmicas, la agregación, entre otros (Paz Ferreiro, 2007). Entre los parámetros a determinar se tiene la respiración microbiana, biomasa microbiana, actividad ureasica y la diversidad de las comunidades microbianas.

II. 2. 5. 1. RESPIRACIÓN DEL SUELO

La respiración del suelo se refiere a la oxidación de la materia orgánica hasta CO_2 por acción de los microorganismos presentes en dicho suelo. En suelos no perturbados (sin adición de nutrientes) hay un balance ecológico entre los microorganismos y sus actividades, en este caso la respiración se llama respiración basal.

El desprendimiento del CO_2 producto de la mineralización de la materia orgánica se correlaciona con la actividad biológica del suelo y por ende con la biomasa microbiana. La medición de CO_2 constituye un método para determinar la actividad microbiana del suelo (Stotzky, 1965).

La temperatura del suelo y la humedad a menudo interactúan para controlar la tasa de respiración de este, por lo general es difícil separar los efectos de ambos. Los estudios demuestran que la respiración del suelo responde a un factor limitante, que puede ser la temperatura o la humedad.

II. 2. 5. 2. 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). Para cuantificar la biomasa microbiana del suelo, actualmente existen diferentes métodos, entre ellos están: Fumigación-incubación, Fumigación-extracción y Respiración inducida por sustrato.

II. 2. 5. 3. RESPIRACIÓN INDUCIDA POR SUSTRATO

Bloem *et al.* (2006), explican que el método de la respiración inducida por sustrato, basado en la detección de una respuesta respiratoria de los microorganismos del suelo por un suplemento de glucosa; mide solo los organismos activos o sensibles a la glucosa. Basado en este principio, el método de la respiración inducida por sustrato detecta biomasa bacteriana predominante. El método fue calibrado para determinar la biomasa microbiana (Anderson y Domsch, 1978) en un amplio tipo de suelos agrícolas y forestales.

La respiración inducida por sustrato ha sido ampliamente usada para la evaluación riesgos ecotoxicológicos en suelos con metales pesados o contaminantes orgánicos (p.e. pesticidas o TNT), citando diferentes autores sobre el tema, por ejemplo Beck (1981), Wilke (1988), Harden *et al.* (1993), Fliebach *et al.* (1994), Kandeler *et al.* (1996), Barajas *et al.* (1999), Chander *et al.* (2001) y Frische and Höper (2003). En suelos contaminados, la biomasa por RIS ha sido un parámetro más sensible que la biomasa estimada por fumigación-extracción. Su argumento se basa en que probablemente la parte de la microflora más activa y sensible a la glucosa determinada por la biomasa por RIS, es más sensible a la contaminación que la biomasa microbiana total, como medición bioquímica.

Este método estima la cantidad de carbono del lugar donde viven, células heterotróficas por la determinación de la respiración inicial en respuesta a la

glucosa, una fuente de carbono rápidamente metabolizada, que es adicionada en el suelo. El tiempo de incubación toma unas cuantas horas, con muestras de CO₂ mineralizado tomada en intervalos regulares (Maier R. *et al*, 2009).

Según explican Bloem *et al.* (2006), este método está basado en el principio de que, bajo condiciones estandarizadas, el metabolismo de la glucosa adicionada en exceso está limitado por la cantidad de microorganismos aeróbicos activos en el suelo. Durante las primeras horas después de la adición del sustrato no hay un rápido crecimiento de las poblaciones microbianas, y la respiración es proporcional a la cantidad de biomasa microbiana del suelo.

Una relación comúnmente usada fue provista por Anderson y Domsch (1978):

$$y = 40,04x + 0,37 \text{ (1)}$$

Dónde: y es la biomasa C (mg/kg suelo seco) y x es la tasa de respiración (mL CO₂/kg de suelo seco/h) (Maier R. *et al.* 2009). La tasa de respiración se determina mediante la respiración basal y se emplea un factor de conversión de mL a mg de CO₂-C (asumiendo una atmosfera de presión: 1,7995 mg CO₂ = 1mL CO₂ a 25°C = 0,4908 mg CO₂-C).

II. 2. 5. 4. 1 DIVERSIDAD MICROBIANA

La biodiversidad microbiana del suelo varía según la utilización que se haga de éste, plantas predominantes, prácticas agrícolas, temperatura, nutrientes, salinidad, y el grado de contaminación que posea, entre otros aspectos (Rodríguez y col, 2006). Una gran diversidad está relacionada con la resistencia del ecosistema a perturbaciones como la contaminación. Condiciones extremas (temperatura, pH, concentración de sales, entre otros) pueden reducir la diversidad de las comunidades afectadas (Strom, 1985) y un ambiente físicamente más diverso a menudo produce una alta diversidad en una comunidad (Mc Arthur y col, 1988).

La utilización de un medio de cultivo se realiza para estudios donde se quiera determinar el tipo y abundancia del microorganismo en su ambiente y el aislamiento de una cepa particular de su ambiente natural aumentando el número de individuos de una especie. Esta técnica se utiliza para seres microscópicos y nos permite conservar los organismos en condiciones de estudio, por tiempo prolongado.

El medio de cultivo se considera como el soporte favorable de crecimiento de los microorganismos, ya que reúne las características necesarias indispensables para el tipo de organismos como son: nutrientes, pH, temperatura, aireación, y otros factores especiales según el organismo de que se trate. Si se realizan estudios metabólicos es necesario conocer con precisión los componentes del cultivo, pero muchos microorganismos de vida libre crecen bien en estos medios que tienen las características básicas antes mencionadas, pero si son parásitos que se desarrollan en cultivos específicos, se tiene que tener cuidado en elegir el medio de cultivo para su óptimo desarrollo

Se pueden preparar medios de cultivo sólidos, semisólidos y líquidos; los sólidos proporcionan la facilidad de que los organismos se desarrollen por separado y los líquidos se emplean con frecuencia para permitir la competencia y en consecuencia la selección máxima, aun cuando el organismo que se obtiene al final del proceso haya estado en cantidades ínfimas junto con otros organismos. Es más común el uso de medios de nutrientes sólidos que contienen agar y un agente gelificante en la preparación de éste tipo.

El agar solidifica formando un gel transparente el cual no puede ser metabolizado por la mayoría de microorganismos y se mantiene firme hasta muy cerca de los 100 ° C; una vez derretido se mantiene líquido hasta cerca de los 40 °C (Jaramillo, 2002).

II. 2. 5. 5. ACTIVIDAD UREÁSICA

La enzima ureasa cataliza la hidrólisis de la urea a amonio y dióxido de carbono y esta se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, en microorganismos, células animales y vegetales (García, 2003). El interés por la actividad ureasa se debe a su relación con el ciclo del nitrógeno y por el amplio uso que se le ha dado a la urea como fertilizante nitrogenado en la agricultura. Es una enzima muy estable y raramente influenciada por la sequedad, irradiación o temperatura y es además una de las enzimas más estudiadas junto con otro grupo de hidrolasas como la mono-fosfatasa alcalina y ácida, y la glucosidasa, enzimas básicas de rutina en estudios de calidad, fertilidad y en la evaluación del impacto de contaminantes del suelo.

La estimación de la actividad ureasa implica en la mayoría de los métodos la cuantificación del amonio liberado en ensayos de incubación de suelos con una solución de úrea, ya sea tamponada o no (Tabatabai y Bremner, 1972).

La actividad de la ureasa (urea amido hidrolasa, EC 3.5.1.5) cataliza la hidrólisis de la urea a dióxido de carbono y amoníaco en una reacción basada en la formación de carbamato como intermediario (Figura 1), La determinación de amonio se realiza a través de la reacción de Berthelot con ciertas modificaciones. El amoníaco producido por la actividad ureasa reacciona con el salicilato y dicloro iso-cianuro para dar un color verde azulado (García C, 2003).

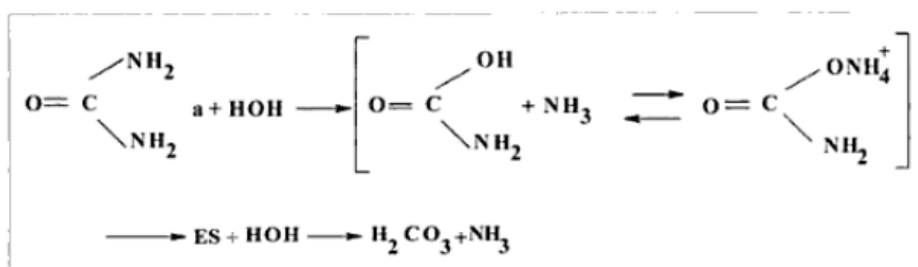


Figura 1. Reacción de la hidrólisis de la urea. Fuente: (García, 2003)

II. 2. 6. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La contaminación del suelo consiste en la introducción de elementos extraños al sistema suelo o la existencia de un nivel inusual de uno propio que, por sí mismo o por su efecto sobre los restantes componentes, genera un efecto nocivo para los organismos del suelo, sus consumidores, o es susceptible de transmitirse a otros sistemas. Los efectos desfavorables de los contaminantes en el suelo como sistema (Porta, 2008):

- Destrucción del poder de autodepuración por procesos de regeneración biológica normales, al haberse superado la capacidad de aceptación del suelo. Se ve afectado el ciclo biogeoquímico y la función de biofiltro.
- Disminución cualitativa y cuantitativa del crecimiento de los microorganismos del suelo, o bien alteración de su diversidad, lo que hace aumentar la fragilidad del sistema.
- Disminución del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de los productos, con riesgo para la salud de los consumidores, al entrar determinados elementos en la cadena trófica.
- Contaminación de las aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia. Se alcanzan concentraciones superiores a las consideradas aceptables.
- Disminución de las funciones de soporte de actividades de ocio. Los espacios contaminados presentan problemas de salubridad para los usuarios.

II. 2. 7. REMEDIACIÓN DEL SUELO

El término remediación de suelos se entiende como el conjunto de acciones necesarias para recuperar y restablecer sus condiciones, con el propósito de que éste pueda ser destinado para la realización a alguna otra actividad (PROY-NOM-138-Semarnat-2003). Las tecnologías aplicadas para la remediación de suelos implican el uso de cualquier operación unitaria o conjunto de ellas, para alterar la composición de un contaminante peligroso a través de acciones químicas, físicas o biológicas de manera que reduzcan su toxicidad, movilidad o volumen en la matriz o material contaminado (Volke y col, 2005).

II. 2. 7. 1. FACTORES QUE INCIDEN EN LOS PROCESOS DE REMEDIACIÓN

Antes de considerar la aplicación de cualquier tecnología de remediación, es fundamental conocer ciertas características tanto del suelo (ambientales), como del contaminante y de los organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.) presentes en el sitio de estudio. De esta manera, los procesos de remediación dependen de estos tres factores que deben encontrarse en equilibrio (Figura 2).

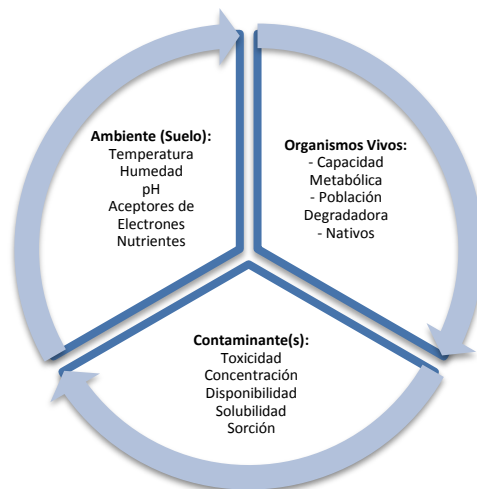


Figura 2. Factores Interrelacionados entre sí que inciden en la remediación de un suelo. (Volke y col, 2005).

La obtención de esta información requiere del muestreo y determinación de las siguientes características físicas y químicas:

- Factores ambientales:
 - ✓ Temperatura, ya que puede afectar propiedades del contaminante así como la velocidad de un proceso de bio-

remediación, ya que la velocidad de las reacciones enzimáticas dependen es ésta.

- ✓ Humedad, que también puede afectar los procesos de bio-remediación debido a que, en general, aunque todos los microorganismos necesitan agua para subsistir, debe existir un balance, ya que si el contenido de agua es muy bajo, la actividad microbiana se detiene, y si es muy alto, disminuye el intercambio gaseoso a través del suelo.
 - ✓ Tipo de Suelo, ya que la capacidad de retención de agua de un suelo varía en función de las fracciones orgánicas y minerales. Un suelo con alto contenido húmico disminuye la movilidad de compuestos orgánicos, y con ello la eficiencia de ciertas tecnologías.
 - ✓ pH, ya que afecta la solubilidad de macro y micronutrientes, la movilidad de metales y la reactividad de minerales, además de afectar la actividad y el crecimiento microbiano.
 - ✓ Permeabilidad, que se refiere a la facilidad o dificultad con la que un líquido puede fluir a través de un medio permeable
 - ✓ Aceptores de electrones; su presencia es importante para la aplicación de tecnologías de bio-remediación.
- Características de los contaminantes:
 - ✓ Toxicidad, el cual es el factor clave para decidir la tecnología de remediación a utilizar. La bio-remediación se inhibe si un químico es tóxico para organismos degradadores.
 - ✓ Concentración, debido a que es un factor de gran importancia para definir el uso de una tecnología de remediación en particular. En general, las altas concentraciones inhiben la actividad microbiana; sin embargo la concentración inhibitoria depende de la estructura del contaminante.
 - ✓ Solubilidad, debido a que mientras mayor es la solubilidad de un compuesto, mayor es su biodisponibilidad.
 - ✓ La Sorción de un químico a la matriz sólida del suelo afecta su solubilidad y su biodisponibilidad. La Sorción incluye la adsorción (retención superficial) y la absorción (captación hacia el interior de la matriz).
 - ✓ Polaridad y Carga Iónica, que determina la capacidad de un compuesto para su adsorción en un sólido.

- Factores Microbiológicos: es un factor de importancia para la aplicación de tecnologías biológicas. Este tipo de factores implica la verificación de la existencia de poblaciones de microorganismos degradadores, es decir, si existen grupos microbianos capaces de degradar o transformar el contaminante y si estos se encuentran en número suficiente (Volke y col, 2005).

II. 2. 7. 2. CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN

Las tecnologías de remediación pueden clasificarse de diferentes maneras: con base en su estado de desarrollo (tradicionales e innovadoras), al lugar en donde se realizan (*in situ* y *ex situ*) y en el caso de la contaminación por metales, con base en la alteración de las propiedades del contaminante (separación/inmovilización o disolución/movilización) (Volke y col, 2005).

Entre los principales tipos de enmiendas, se encuentran las enmiendas orgánicas cuyo empleo adecuado en los procesos de remediación 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; disminuyendo así los problemas en la disposición de residuos de diversos orígenes.

El lignito nacional podría usarse en el mejoramiento de suelos agrícolas debido a los distintos beneficios que el mineral puede proporcionar; entre ellos la capacidad de quelar agentes contaminantes y el alto contenido de materia orgánica se encuentran entre sus propiedades más resaltantes.

II. 2. 8. EL LIGNITO

Es carbón mineral que se forma por compresión de la turba, convirtiéndose en una sustancia desmenuzable en la que aún se puede reconocer algunas estructuras vegetales. Es de color negro o pardo y frecuentemente presenta una textura similar a la de la madera de la que procede. Se encuentra en depósitos superficiales en todo el mundo. El lignito es extraído y puesto en pilas donde se puede oxidar en el aire antes de ser secado, triturado y embolsado para su uso. El contenido de ácidos del lignito, que varía ampliamente, controla su solubilidad. Sus componentes solubles y coloidales ayudan ambos en el control de la humedad.

Composición típica: Carbono 69 %, Hidrógeno 5,2 %, Oxígeno 25 %, Nitrógeno 0,8 %, Materias volátiles 4 % (Inst. Tecnológico Geominero España, 1987).

II. 2. 9. LEYES Y REGLAMENTOS AMBIENTALES

La Ley Orgánica del Ambiente (2006), publicada en la Gaceta oficial de Venezuela n°5833, regula el uso y protección del suelo en su artículo 61:

“La gestión integral del suelo y del subsuelo está orientada a asegurar su conservación para garantizar su capacidad y calidad”

De igual manera también se ofrecen lineamientos sobre la gestión del suelo en el artículo 62:

“La gestión para la conservación del suelo y del subsuelo debe realizarse atendiendo a los lineamientos siguientes:

1. La clasificación de los suelos en función de sus capacidades agroecológicas.

2. El uso y aprovechamiento del suelo y del subsuelo debe realizarse en función a su vocación natural, la disponibilidad y acceso a las tecnologías ambientalmente seguras, a fin de evitar su degradación.

3. La adopción de medidas tendientes a evitar y corregir las acciones que generen erosión, salinización, desertificación o modificación de las características topográficas y otras formas de degradación del suelo y del paisaje.

4. La restauración y recuperación del suelo y del subsuelo que haya sido afectado por la ejecución de actividades.”

Es por ello que se evalúa el impacto ambiental a través de diferentes indicadores biológicos, mas sin embargo no se establecen condiciones que regulen la calidad del suelo. En el Artículo 100, explica que las prácticas adecuadas están regidas por el ministerio de Industrias Básicas y Minería en este caso, o en su defecto por el ministerio de agricultura y tierras:

“La guardería ambiental será ejercida por los ministerios con competencia en materia de: Ambiente, Industrias Básicas y Minería, Infraestructura, Salud, Agricultura y Tierra, Energía y Petróleo y por la Fuerza Armada Nacional, por órgano de la Guardia Nacional, y por los demás órganos y entes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en el marco de sus competencias. Igualmente ejercerán la guardería ambiental, como órganos auxiliares, las comunidades organizadas, los consejos comunales y demás organizaciones y asociaciones civiles con fines ambientales, de conformidad con la presente ley y demás normativa que regule la materia.”

Otra legislación vigente en materia de suelos es la ley Forestal de Suelos y aguas (1966) en su artículo 82 describe:

“Los suelos deben usarse de acuerdo con su capacidad agrológica específica. El Ejecutivo Nacional proveerá lo conducente para la clasificación de las tierras del territorio nacional, basada en la pendiente, grado de erosión, fertilidad del suelo y factores del clima.”

Y el artículo 83 cita:

“El aprovechamiento de toda clase de suelos deberá ser practicado en forma tal que se mantenga su integridad física, y su capacidad productora con arreglo a las normas técnicas que al efecto determine el Reglamento de esta Ley.”

Es por ello que como el uso dado al suelo es industrial, y la disponibilidad de metales pesados se encuentra limitada, la disposición de los desechos de acuerdo con las disposiciones legales debe regularse para evitar la salinización y la disminución de la calidad ambiental del suelo.

Según la ley de Disposición de Sustancias y Desechos sólidos peligrosos en el artículo 9, la escoria puede definirse como un producto químico:

“Producto químico: sustancia o mezcla de sustancias, de origen natural o sintético resultante de un proceso químico.”

La escoria como desecho es recuperable y puede emplearse para la fabricación de cementos, mientras que la chatarra puede reciclarse en nuevos procesos de producción del acero. En el caso de la sílice que puede ser empleada para la fabricación de moldes, ha afectado significativamente las características fisicoquímicas del suelo produciendo salinización del mismo.

Para un uso sustentable del mismo para la disposición de la arena de sílice en este proceso industrial implica la remediación o tratamiento del suelo para recuperar y mantener sus características fisicoquímicas con el fin de evitar la desertificación. Es posible la recuperación de un pH adecuado empleando yeso para la restauración de bases intercambiables y recuperación de un nivel óptimo de salinidad. Es adecuado que la disposición de escoria se realice en suelos con pH alcalinos para disminuir la movilidad y toxicidad de los metales pesados, sin embargo la mejor opción es la disminución del volumen por reutilización.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO EXPERIMENTAL

III. 1. POBLACIÓN Y MUESTREO

Las muestras utilizadas en el presente trabajo fueron tomadas en enero de 2013 de la misma zona de estudio y bajo el mismo esquema de muestreo de Duran (2011), (Figura 3 y 4). Se seleccionaron las secciones 1B y 2B debido a que son dos de las secciones más afectadas. Las muestras se recolectaron en bolsas plásticas (polietileno) esterilizadas, utilizando un barreno, tomando aproximadamente 4,0 kg entre los 0-30 cm de profundidad.



Figura 3. Imagen aérea de la Industria Acerera (ACERVEN) de Tinaquillo, Edo Cojedes. Fuente: (Imágenes.googleMaps.2014)



Figura 4. Esquema de muestreo aleatorio estratificado realizado por Duran (2011) en la zona delimitada de estudio. Fuente: (Imágenes.googleMaps.2014)

III. 2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras de suelo homogeneizadas se secaron al aire durante 24 horas, para posteriormente hacerlas pasar a través un tamiz de 2 mm y dividir las en dos

partes iguales, una parte se recolectó en bolsas de plástico estériles para almacenarse y mantenerse a 4°C y la fracción restante se extendió sobre un plástico limpio y seco y se dejó secar por 24 horas adicionales.

Se prepararon por duplicado 12 sistemas suelo-lignito variando el contenido porcentual en 0, 2, 4, 6, 8 y 10 % p/p, con un peso total de 600 g, incluyendo la cantidad de suelo y de lignito según el porcentaje correspondiente, en envases rectangulares de área 150,0 cm² de anime, para permitir una mayor área superficial de contacto entre el lignito y la muestra de suelo. A cada sistema se le agregó agua destilada semanalmente para alcanzar entre el 50 y el 60 % de retención de humedad. El período de incubación fue de 2 meses.

Luego de transcurrir el tiempo de incubación estipulado, se determinó en los sistemas las propiedades físicas, químicas y bioquímicas contempladas.

III. 3. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS DEL SUELO POSTERIOR AL PERÍODO DE INCUBACIÓN

III. 3. 1. INDICADORES FÍSICOS

III. 3. 1. 1. TEXTURA

Se realizó la determinación de la textura empleando una modificación del método del hidrómetro (Bouyoucos, 1936). Este método se fundamenta en la Ley de Stokes, la cual establece que la velocidad de caída de las partículas pequeñas, en un medio líquido, es directamente proporcional a su tamaño. Consiste en determinar los porcentajes en que se encuentran los diferentes separados del suelo, lo que luego permite determinar su clase textural.

Para establecer la textura del suelo por este método, en análisis de rutina, se llevó a cabo las siguientes acciones: se pesó 25,0 g de suelo, cernido por tamiz de 2 mm y seco al aire, se colocó el suelo en un cilindro graduado de 1,0 L, se le agregaron 20,0 mL de dispersante (40,0 g de pirofosfato de sodio y 10,0 g de bicarbonato de sodio en 1,0 L de agua destilada) y se agitó durante 10 minutos. Se completó el volumen del cilindro con agua destilada y se agitó la suspensión unas 10 veces, vigorosamente, con un émbolo de caucho y se dejó reposar, tomando registro del tiempo a partir del momento en que se retire el émbolo. A los 40 s de reposo se hizo la primera lectura con el hidrómetro apuntando, además, la temperatura de la suspensión; con esta lectura se calculó

el contenido de arena (A%). Al terminar la lectura de los 40 s, se retiró el hidrómetro y se dejó en reposo la suspensión hasta completar 2 horas. Al cabo de éstas, se introdujo nuevamente el hidrómetro y se hizo otra lectura; Se tomó también la temperatura; con esta lectura se calculó el contenido de arcilla (Ar%). A continuación se calculó el contenido de limo (L%) por diferencia. Los porcentajes obtenidos se llevaron al triángulo textural y se define la clase textural correspondiente a la muestra tratada; los cálculos fueron realizados empleando las siguientes ecuaciones:

$$A(\%) = 100 - \left(\frac{\text{Lectura corregida } 40s}{\text{Peso muestra}} \times 100 \right) \quad (2)$$

$$Ar(\%) = \frac{\text{Lectura corregida } 2h}{\text{Peso muestra}} \times 100 \quad (3)$$

$$L(\%) = 100 - [A(\%) + Ar(\%)] \quad (4)$$

Con los resultados obtenidos es posible clasificar el suelo según su textura, usando la Tabla 2

Tabla 2. Intervalo de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos.

Clase textural	Intervalo (%) del contenido de		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa	100-85	15-0	10-0
Arenosa franca	90-70	30-0	15-0
Franco arenosa	85-43	50-0	20-0
Franca	52-23	50-32	27-7
Franco limosa	50-0	87-50	27-0
Limosa	20-0	100-80	12-0
Franco arcillo arenosa	80-45	28-0	35-20
Franco arcillosa	45-20	53-15	40-27
Franco arcillo limosa	20-0	73-40	40-27
Arcillo arenosa	67-45	20-0	55-35
Arcillo limosa	20-0	60-40	60-40
Arcillosa	45-0	40-0	100-40

Fuente: Jaramillo, 2002

III. 3. 1. 2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Para la determinación de este parámetro se pesaron 5,0 g de suelo en un crisol previamente pesado, se colocaron las muestras en la estufa por 24 horas a 105 °C, para luego colocarlas en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y pesar nuevamente. El valor de humedad se obtuvo por diferencia de peso (Jackson, 1970).

III. 3. 1. 3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

Se empleó el método de (Jackson, 1970) para la determinación de la capacidad de retención de humedad de las muestras se pesaron 15,0 g de suelo secado al ambiente, se colocaron en un embudo con lana de vidrio previamente pesado, tarado y etiquetado, para posteriormente adicionar agua destilada hasta que se observó goteo y se dejó reposar a temperatura ambiente por 6 horas, para luego pesar nuevamente. El porcentaje de retención de humedad se determinó por diferencia de peso.

$$\text{Porcentaje retención de humedad} = (\text{Peso agua retenida} / \text{Peso de muestra}) * 100$$

(5)

III. 3. 2. INDICADORES QUÍMICOS

III. 3. 2. 1. REACCIÓN DEL SUELO

Se prepararon suspensiones de suelo-agua con relación 1:2 en tubos de centrifuga con tapa limpios y secos. Se agito en un agitador horizontal por 30 minutos, para luego centrifugarse a 1500 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante se trasvaso a otro tubo de centrífuga, para luego medirse el pH de las soluciones con un pH-metro por triplicado (Olarte, 1979).

III. 3. 2. 2. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IÓNICO

Para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y calcio y magnesio (bases intercambiables) se utilizó el método del acetato de amonio (Schollemberger y Simon, 1945) según el siguiente procedimiento:

Se pesaron 5,0 g de suelo seco en envases de 100,0 mL y se adicionaron 25,0 mL de acetato de amonio 1N a pH 7,0. Se agito en un agitador horizontal por 30 minutos y se dejó en reposo por 15 minutos. Se filtró el sobrenadante a través de un embudo empleando papel de filtro cuantitativo y se lavó el suelo con dos porciones de 10,0 mL de etanol al 95% para eliminar el exceso de

amonio. Las aguas de lavado se recolectaron en balones aforados de 100,0 mL (solución A) para la determinación de calcio y magnesio. Al suelo contenido en el papel de filtro se le añadió 50,0 mL de NaCl al 10% y se dejó en contacto por toda la noche. Se filtró el sobrenadante a través de un embudo empleando papel de filtro cuantitativo y se lavó el suelo con dos porciones de 10,0 mL de agua destilada. Se recolectaron las aguas de lavado y el resto de la solución en fioles de 250,0 mL y se adicionaron 10,0 mL de formaldehído al 40% más 2 gotas de fenolftaleína; para luego titular con una solución estandarizada de NaOH 0,1 N. Se tituló de igual manera un blanco de 50,0 mL de NaCl al 10% con 10,0 mL de formaldehído al 40% y 20,0 mL de agua destilada.

Se determinó el contenido Total de Calcio y Magnesio tomando una alícuota de 10,0 mL de la solución A, adicionando 1mL de buffer $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ a pH 10 y dos gotas de indicador de negro de eriocromo T y titulado con solución de EDTA 0,01 M. El contenido de calcio se obtuvo al titular 10,0 mL de la solución A con EDTA 0,01 M, ajustando a pH 12 y 2 gotas de ácido calconcarboxílico. El contenido de magnesio se obtuvo por diferencia del contenido total de calcio y magnesio y del contenido de calcio determinados con las valoraciones anteriores, empleando la ecuación (6)

$$\text{mmoles de Mg} = \text{mmoles totales} - \text{mmoles de Ca} \quad (6)$$

III. 3. 2. 3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Se empleó las suspensiones de suelo-agua de relación 1:2 preparadas para la determinación de pH; se midió la conductividad del filtrado con un conductímetro por triplicado (Olarte, 1979).

III. 3. 2. 4. MATERIA ORGÁNICA

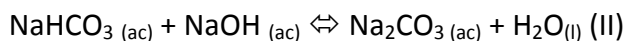
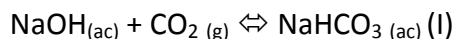
El contenido de materia orgánica total del suelo se determinó por calcinación de la muestra, según procedimiento descrito a continuación (Jaramillo, 2002). Las muestras empleadas para determinar el contenido de humedad. Se calcinaron en una mufla a 400 °C durante 24 horas, se retiraron de la misma para dejar enfriar en un desecador y se pesaron nuevamente. Se calculó la diferencia de peso entre las medidas antes y después de calcar; esta diferencia de peso equivale a la cantidad de materia orgánica que se perdió de la muestra por efecto de la calcinación. Se expresa la diferencia de peso en porcentaje, con respecto al peso inicial de la muestra (seca a 105°C).

III. 3. 3. INDICADORES BIOQUÍMICOS

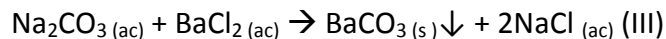
III. 3. 3. 1. RESPIRACIÓN DEL SUELO

La actividad microbiológica del suelo se determinó mediante la medida del desprendimiento de CO_2 por la actividad de los microorganismos del suelo durante un período de tiempo específico, en condiciones controladas de humedad y temperatura en el laboratorio (método de incubaciones estáticas, Stotzky, (1965) siguiendo el procedimiento descrito por Anderson (1982). Se colocaron 20,0 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 20,0 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 M. Los frascos cerrados se colocaron en oscuridad a temperatura del laboratorio ($21 \pm 3^\circ\text{C}$). Los viales se repusieron según la programación del experimento a los 1, 3, 8, 16, 26 días. Como blanco se utilizaron frascos que solo contengan el vial con la solución de NaOH. El CO_2 desprendido se determinó indirectamente por medio de una titulación del exceso de NaOH con solución estandarizada de ácido clorhídrico (HCl) 0,1 M, precipitando los carbonatos con cloruro de bario (BaCl_2) 0,05 M y usando fenolftaleína como indicador. Todas las muestras se analizaron por triplicado.

Inicialmente el dióxido de carbono reacciona con el NaOH formando equilibrios sucesivos:



El carbonato de sodio reacciona con el exceso de cloruro de bario:



Y el exceso de hidróxido de sodio sin reaccionar se tituló con solución de ácido clorhídrico estandarizado empleando fenolftaleína como indicador:



La respiración se expresa en carbono en forma de CO_2 (mg C- CO_2 / kg suelo x día), como se muestra a continuación:

$$\text{CO}_2 \text{ (mg x kg suelo}^{-1} \text{ x día}^{-1}) = \frac{(a-b) \times \text{FC} \times 100}{\text{gs} \times t} \quad (7)$$

Dónde:

a= volumen de HCl gastado en el blanco (mL)

b= volumen de HCl gastado en la muestra (mL)

FC= Factor de conversión de volumen (mL) de HCl de concentración determinada (0,1 M) empleados para titular 1 mg de CO₂

gs= Masa de suelo seco (kg); t= tiempo en días.

III. 3. 3. 2. BIOMASA MICROBIANA

Para estimar la biomasa microbiana se empleó el método de respiración inducida por sustrato (RIS) reportado por Anderson y Domsch (1978), mediante el siguiente procedimiento: se pesaron 20,0 g de suelo al 50 - 60 % de capacidad de retención de humedad y se le adicionaron 4,0 mg de glucosa anhidra por g de suelo, se homogenizó, se cerró herméticamente y se dejó en la oscuridad por dos horas. Transcurrido este tiempo, se colocó un vial suspendido con NaOH 0,1 N y se dejó por un tiempo de 4 horas. Transcurrido este tiempo se realizó la titulación con HCl de igual manera que en el método de la respiración.

III.3.3.3. DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA

El estudio de la diversidad microbiológica se realizó mediante la determinación de los microorganismos cultivables del suelo, tanto bacterias como hongos, además de caracterizar macro y microscópicamente los organismos obtenidos. También se estudiaron los microorganismos cultivables productores de amilasa, proteasa, celulasa y fijadores de nitrógeno.

III. 3. 3. 3. 1. MICROORGANISMOS CULTIVABLES

La carga microbiana se determinó utilizando una siembra por profundidad. Se tomó 1,0 gramo de muestra de suelo y se diluyó en 9,0 mL de una solución salina (NaCl) 0,8% y luego se hicieron diluciones sucesivas de 1/100, 1/1000 y 1/10000. Se tomó 100,0 µL de cada una de estas diluciones para el conteo de la carga de bacterias y hongos (Prescott y col, 2004).

Srivastava y col, (2007), realizaron el conteo de la carga bacteriana utilizando medios de cultivo suplementados con antibióticos para el crecimiento de hongos y antifúngicos para el crecimiento de bacterias, en este caso se utilizó el mismo principio. Para realizar el conteo de la carga bacteriana se suplementó el medio Agar LB con Fluconazol, en una proporción 1g/L. Una vez realizada la siembra y gelificado el medio se colocaron las muestras en incubación a 33°C por 24 horas y se hizo el conteo de las unidades formadoras de colonia para cada dilución. Con respecto de la carga fúngica se utilizó medio Agar LB suplementando con Ciprofloxacina, en una concentración de 1g/L. Las muestras

fueron incubadas a 33°C de 3 a 4 días. Todo esto bajo un ambiente estéril y por duplicado (Oropeza, 2010; Montaner, 2011).

III. 3. 3. 3. 2. AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS REPRESENTATIVOS DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS

Una vez realizada la siembra de cada una de las muestras y después de hacer el conteo de las unidades formadoras de colonias, se procedió a seleccionar colonias, tanto bacterias como hongos, para realizar su aislamiento y luego se realizó la caracterización macro y micromorfológica. El criterio de selección de estas colonias se hizo de acuerdo a la coloración de las colonias, la forma, el margen, el orden de aparición, la repetitividad en las muestras, parecido y separación entre ellas. Cada colonia fue rotulada con el número de la muestra de suelo de la cual provenía, seguida entre paréntesis de un número arábigo correspondiente a la colonia (Oropeza, 2010).

III. 3. 3. 3. 3. DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS CULTIVABLES PRODUCTORES DE AMILASAS, PROTEASAS, CELULASAS Y FIJADORES DE NITROGENO

Tras la caracterización morfológica de las colonias se realizó la prueba cualitativa de amilasas, proteasas, celulasas y fijadoras de nitrógeno. Esta prueba se le realizó a todas las colonias que puedan crecer sobre las placas con agar LB suplementado con almidón para el caso de las amilasas; con agar sangre para el caso de las proteasas, sobre placas con agar-agar suplementado con celulosa microcristalina para el caso de las celulasas y por ultimo con agar-agar suplementado con un medio mínimo mineral sin presencia de nitrógeno para el caso de las fijadoras de nitrógeno. Para detectar productores de amilasa, la prueba cualitativa consiste en agregar, mediante una pipeta Pasteur o un gotero, una pequeña cantidad de lugol (una solución de yodo al 0,1N en metanol al 20%) sobre la colonia a la cual se quiere determinar actividad de amilasas y observar la coloración que toman los alrededores de la colonia, si se observa un halo amarillento se dice que la prueba es positiva, si la coloración es azul intenso la prueba es negativa. Para el caso de las proteasas y celulasas, se dice que la prueba es positiva si se observa un halo transparente alrededor de cada colonia y para fijadoras de nitrógeno la prueba se considera positiva si se observa crecimiento de colonias de microorganismos en la placa (Srivastava y col, 2007; Montaner, 2011).

III. 3. 3. 4. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON

Una vez obtenidas las unidades formadoras de colonia (ufc) de cada tipo de microorganismo, se le realizó el correspondiente tratamiento matemático tomando en cuenta las diluciones, para expresarlas en base al suelo seco como $\log$ (ufc/g suelo seco). Con el logaritmo de cada ufc/g suelo se calculó el índice de Shannon como estimación de la diversidad de bacterias, hongos, organismos productores de amilasa, proteasa, celulasa y fijadores de nitrógeno (Oropeza, 2010). Este índice se calcula de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Primero se calcula el número total de muestras de acuerdo a cada especie en estudio y se suman, obteniendo un N_{total} .

$$N_{total} = N_{bacterias} + N_{hongos} \quad (8)$$

Luego se calcula P_i que es la abundancia relativa o proporción de cada especie en la población, de acuerdo a: $P_i = n_i / N_{total}$ (9) donde n_i es el valor de cada muestra

Por último se determina el $\log_{10}$ de P_i y este valor se le multiplica a P_i y se suman todos los valores (donde esto es igual a Q), en este caso para las bacterias y para los hongos.

El índice de Shannon, H, se calcula con el inverso negativo de Q.

$$Q = \sum P_i * \log P_i \quad (10)$$

$$H = -1/Q \quad (11)$$

Con H se construyó el gráfico de diversidad de acuerdo a cada muestra.

III. 3. 3. 5. CARACTERIZACIÓN MACRO Y MICROMORFOLÓGICA DE LAS COLONIAS

La caracterización de las colonias seleccionadas tanto bacterianas, fúngicas y fijadoras de nitrógeno se realizó por simple observación de las placas, detallando la forma, elevación, margen, color, tono y tamaño (Figura 5). Las tres primeras características se hicieron de acuerdo a la morfología presentada por Prescott y col. (2004).

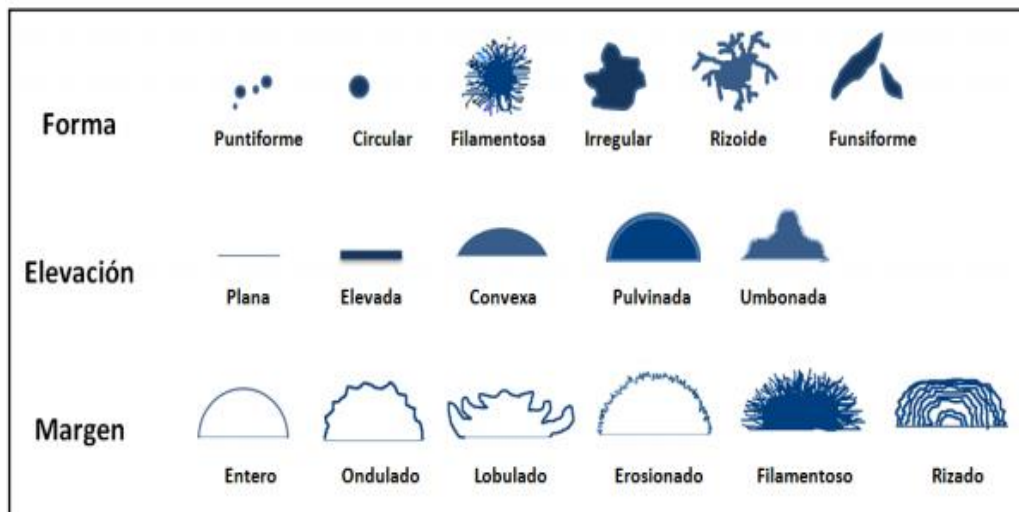


Figura 5. Morfología de colonias bacterianas; Prescott y col. (2004).

La caracterización micromorfológica de las bacterias se hizo mediante la tinción de Gram, de acuerdo al procedimiento descrito en la Figura 6. Según la observación al microscopio se logró determinar si los microorganismos estudiados eran Gram-positivos o Gram-negativos de acuerdo al color de la tinción y si eran bacilos o cocos de acuerdo a la forma.

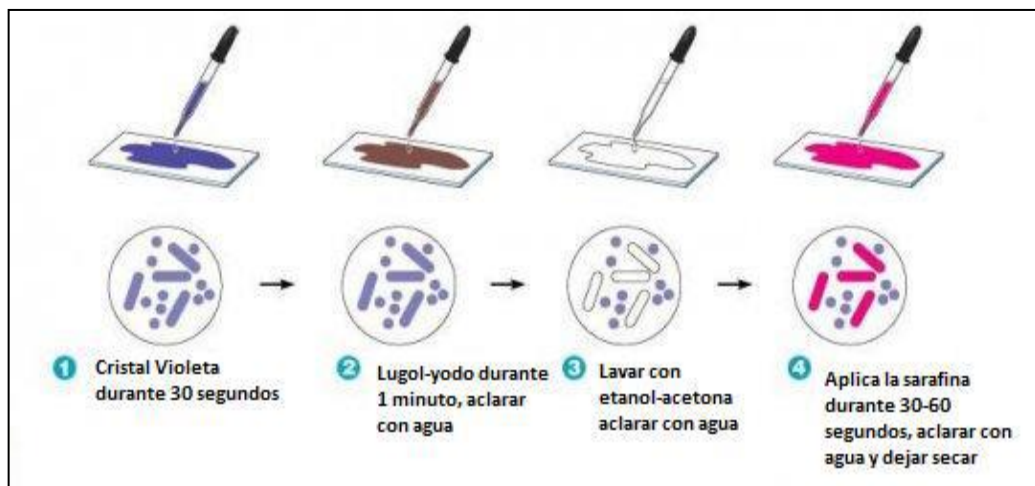


Figura 6. Metodología aplicada de la tinción de Gram

III. 3. 3. 4. ACTIVIDAD UREÁSICA

La actividad ureasa en los sistemas se determinó empleando el método de Kandeler y Gerber (1988) modificado. Se pesó 1,0 g de suelo en tubos centrifuga y se adicionaron 0,5 mL de urea en las muestras y 0,5 mL de agua en los blancos o control. Se incubaron las muestras y blancos a 37 °C por dos horas y luego se

adicionaron 10,0 mL de una solución de KCl-HCl a todos los tubos. Posteriormente se añadieron 0,5 mL de agua a las muestras y 0,5 mL de urea a los blancos, se agitaron todas las muestras por 30 minutos en un agitador horizontal y luego se centrifugaron a 2500 rpm por 10 minutos.

Se tomó una alícuota de 1,0 mL del sobrenadante y se colocó en un tubo de ensayo, se adicionaron 9,0 mL de agua destilada y 5,0 mL de solución de salicilato/hidróxido y 2,0 mL del medio de oxidación. Se dejó reposar por 30 minutos y luego se determinó la absorbancia a 690 nm. Anterior a esto se preparó una curva de calibración empleando patrones de Cloruro de Amonio a las siguientes concentraciones: 5, 10, 15, 20, 25 $\mu\text{g N-NH}_4/\text{mL}$ y se prepararon de igual forma que las muestras, tomando 1,0 mL de cada solución patrón.

La actividad se determinó en base a peso de suelo seco, como $\mu\text{g [N-NH}_4^+]$ ($\text{g}^{-1} \times \text{h}^{-1}$). El cálculo se realizara mediante la ecuación (8):

$$\text{Act. Ureasa} = \frac{\mu\text{g [N - NH}_4\text{]}}{\text{g} * \text{h}} = \frac{\left(\frac{\mu\text{g [N-NH}_4\text{]}}{\text{ml}}\right) * 10 * 11}{\text{PS} * \text{h}} \quad (8)$$

Dónde:

Act. Ureasa= actividad de la enzima Ureasa

10 = Factor de dilución (2,0 mL de muestra o patrón + 8,0 mL de agua)

11 = Volumen Final (0,5 mL de sol. urea + 10 mL de KCl-HCl + 0,5 mL de agua)

h = tiempo de incubación (h).

PS = Masa de suelo seco de la muestra (g)

$\mu\text{g [N-NH}_4\text{] / mL}$ = Concentración de amonio liberado determinado por la curva de calibración.

III. 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la comparación de los resultados obtenidos para suelos impactados tratados y sin tratar con lignito se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas mediante el software STATGRAPHICS.

- ✓ Resumen estadístico: Incluye medidas de tendencia central, de variabilidad y de forma. Se determinaron el número de muestra, el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación, los valores máximos y mínimos.
- ✓ Tabla ANOVA: La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro

de grupos. La razón-F es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. El valor-P de la prueba-F indica si es menor que 0,05, que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las variables con un nivel del 95,0% de confianza.

- ✓ Pruebas de múltiples rangos: Estas pruebas aplican una comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, empleado el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Se identifican los grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. Entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X, no existen diferencias estadísticamente significativas. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0. Por otro lado se muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias, indicando si los pares muestran o no diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.
- ✓ 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). (Camacho C. 2007). Se empleó 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.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo se dispone para el análisis de las propiedades físicas, químicas y bioquímicas de los sistemas en estudio, la relación existente entre las mismas y su comparación.

IV. 1. INDICADORES FÍSICOS

Los parámetros físicos para la evaluación de la calidad de suelo incluyen textura, humedad y capacidad de retención de humedad. Estos factores se encuentran relacionados entre sí, e influyen de manera importante en el resto de los parámetros estudiados.

IV. 1. 1. TEXTURA

Con respecto a los resultados obtenidos, se observa en las Figuras 7 y 8 la variación de los diferentes componentes texturales, arena y limo respectivamente, en función del porcentaje de lignito agregado para las secciones 1B y 2B, observándose en general que en todos los sistemas existe un alto contenido arenoso y muy poco contenido de limo. Cabe destacar que en todos los sistemas no se evidenció presencia de contenido de arcilla. Si bien es predominante el componente arenoso en todos los sistemas, a medida que aumenta el contenido de lignito, va aumentando también el componente de limo hasta alcanzar un $3,98 \pm 0,01$ % para ambas secciones de estudio (Tabla 3).

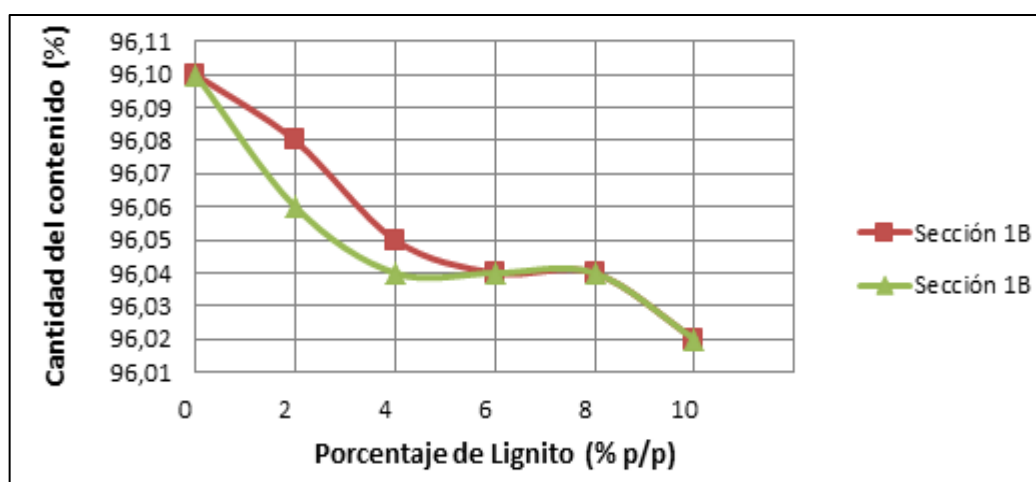


Figura 7. Variación del contenido porcentual de Arena en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B

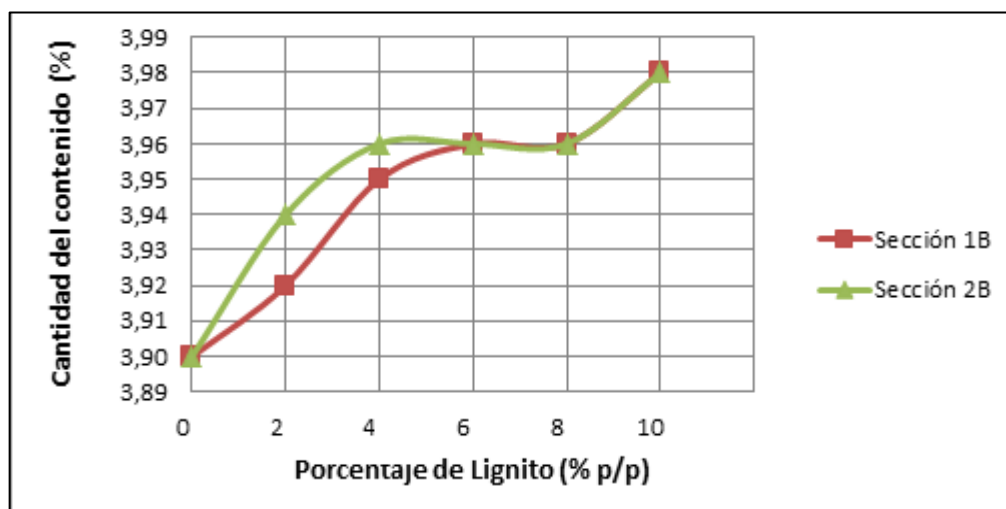


Figura 8. Variación del contenido porcentual de Limo en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.

Tabla 3. Variación de la textura en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Contenido de Arena (%)		Contenido de Limo (%)	
	Sección 1B	Sección 2B	Sección 1B	Sección 2B
0	96,10±0,02 ^{a,A}	96,10±0,02 ^{a,A}	3,90±0,01 ^{a,A}	3,90±0,01 ^{a,A}
2	96,08±0,02 ^{a,b,A}	96,06±0,03 ^{b,A}	3,92±0,02 ^{a,b,A}	3,94±0,03 ^{b,A}
4	96,05±0,02 ^{b,c,A}	96,04±0,02 ^{b,A}	3,95±0,03 ^{b,c,A}	3,96±0,01 ^{b,A}
6	96,04±0,01 ^{c,A}	96,04±0,01 ^{b,A}	3,96±0,03 ^{c,A}	3,96±0,02 ^{b,A}
8	96,04±0,01 ^{c,A}	96,04±0,01 ^{b,A}	3,96±0,02 ^{c,A}	3,96±0,02 ^{b,A}
10	96,02±0,01 ^{c,A}	96,02±0,02 ^{b,c,A}	3,98±0,01 ^{c,A}	3,98±0,01 ^{b,c,A}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 4; Textura_{promedio} ± S

En función a los porcentajes relativos de arena, limo y arcilla se realizó la clasificación textural de los sistemas estudiados para ambas secciones, haciendo uso del triángulo textural (Jaramillo, 2002), arrojando como resultado que el suelo para ambas secciones, en todos los distintos porcentajes de lignito añadido, tiene una textura arenosa.

Esto difiere en principio con los resultados presentados por Duran (2011), donde se evaluó las propiedades del suelo sin aplicar enmienda orgánica alguna, obteniendo una textura Franco Arenosa para la sección 1B y 2B; en este caso se

obtuvo una textura Arenosa para ambas secciones. Cabe destacar que el método utilizado por Duran para la determinación de éste parámetro fue el de determinación al tacto, que si bien es un método rápido y sencillo, es subjetivo y de naturaleza cualitativa, careciendo de precisión, por lo cual es razonable encontrar diferencias entre los resultados obtenidos.

A través del método de comparación de múltiples rangos puede verificarse la influencia que tiene el porcentaje de lignito sobre el contenido de limo; encontrándose diferencias significativas para los sistemas con bajo contenido de lignito en comparación a los que tiene alto contenido del mismo, lo cual indica que efectivamente el lignito añadido en diferentes proporciones tiene influencia sobre el tamaño de partículas presentes en el suelo.

Esta influencia del lignito sobre el tamaño de las partículas del suelo se puede explicar ya que, está reportado que la incorporación de materia orgánica al suelo, juega un papel importante en la meteorización de los silicatos para propiciar la formación de minerales de limo, ya sea por remoción directa de los iones metálicos desde el mineral, iniciando así la ruptura, o estimulando la movilización de algunos cationes normalmente inmóviles o poco móviles (Besoain, 1985). Es importante recordar que la textura se refiere al tamaño de partícula, y que entran en la categoría de limo partículas con diámetro de 0,05-0,002 mm, siendo mayormente estos provenientes de la meteorización del material parental (Jaramillo, 2002).

Las semejanzas entre las clases texturales de ambas secciones, siendo esta una textura arenosa tanto para la sección 1B como para la sección 2B, es atribuida a la disposición de los residuos de sílice sobre ambas secciones, ya que ambas se encontraban cercanas al lugar impactado; esto afectó la composición original del suelo, disminuyendo la proporción de limo y arcilla en estas secciones por la adaptación del ecosistema al agente externo; es decir, la sílice pasó a formar parte de la composición de suelo alterando su estructura (Duran, 2011).

IV. 1. 2. HUMEDAD

Respecto a los valores de humedad encontrados para los sistemas en estudio, se observa en la Figura 9 y Tabla 4 que en general existe una relación directa entre el aumento de la humedad en los sistemas y el porcentaje de lignito agregado, esto se demuestra a través del análisis estadístico, observándose diferencias

significativas entre los sistemas con bajo contenido de lignito en comparación a los que tiene alto contenido del mismo.

Adicionalmente se observa que los sistemas con menor porcentaje de humedad son los de 0% de lignito; esto es debido a la gran cantidad de escoria y arena de sílice disponible; lo que puede afectar la correcta distribución del agua de origen fluvial (atrapada en los múltiples espacios de la escoria o fácilmente evaporada debido a que la sílice afecta la estructura del suelo).

En contraste a la situación anterior, los sistema de 10% de lignitos para ambas secciones, muestran un alto nivel de humedad a causa del aumento del componente limoso que en conjunto con la materia orgánica del suelo poseen mayor capacidad de adsorción de agua, ya que presentan gran área superficial y por lo tanto se adsorbe mayor cantidad de moléculas de agua en la superficie de las partículas que lo conforman, por lo tanto se tiene un mayor porcentaje de saturación al presenciarse mayor cantidad relativa del componente limoso (se observó una correlación ($P < 0,05$) positiva ($R^2 = 0,8937$) entre la humedad y la textura). Es importante señalar que este indicador, además de la textura, es de elevada importancia y repercute directamente sobre el resto de los parámetros estudiados, ya que al aumentar la humedad de los sistemas, se crea un ambiente propicio para la proliferación de microorganismos degradadores de materia orgánica, aumentando su actividad (Russell, 1989) y de esta manera se mejora en varios aspectos las propiedades del suelo.

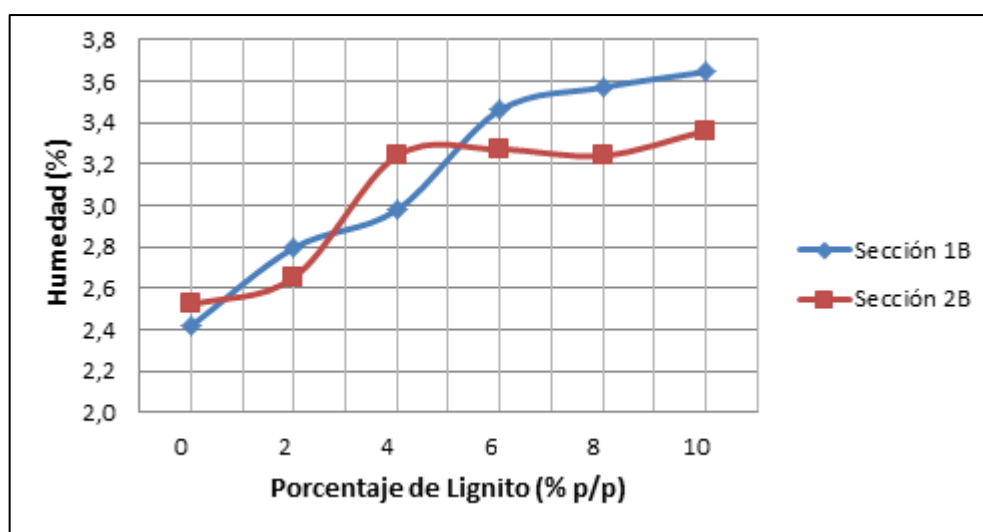


Figura 9. Variación del porcentaje de Humedad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Tabla 4. Variación de la Humedad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Humedad (%)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	2,42±0,07 ^{a,A}	2,52±0,01 ^{a,A}
2	2,80±0,06 ^{a,b,A}	2,65±0,02 ^{b,A}
4	2,98±0,07 ^{b,c,A}	3,24±0,05 ^{c,A}
6	3,46±0,08 ^{c,d,A}	3,27±0,04 ^{c,A}
8	3,57±0,09 ^{d,A}	3,24±0,04 ^{c,A}
10	3,66±0,07 ^{d,A}	3,36±0,05 ^{c,A}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 4; Humedad_{promedio} ± S

IV. 1. 3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDA

Al estudiar la variación en la retención de humedad para los sistemas suelo-lignito, se observa en la Figura 10 y Tabla 5 que, en general, disminuye en ambas secciones a medida que aumenta el porcentaje de lignito, presentado diferencias significativas entre los valores de retención de humedad para los sistemas con 0 % de lignito y los sistemas con contenido variable del mismo. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Paulet (1983), el cual establece que cuanto mayor es la superficie total expuesta de las partículas y a medida que disminuye el contenido de humedad, es mayor la proporción del agua que es retenida fuertemente en forma de película alrededor de las partículas. Esto significa que para los sistemas con bajo porcentaje de humedad, la retención debe ser mayor, ya que por capilaridad, la fuerza de adhesión entre las moléculas de agua y las partículas sólidas del suelo es elevada y por lo tanto el agua es retenida con mayor fuerza. Esta correspondencia entre el porcentaje de humedad y la capacidad de retención de agua se evidencia claramente en las tendencias obtenidas para ambos parámetros de estudio. Obteniéndose una correlación ($P < 0,05$) negativa ($R^2 = -0,8337$) entre ellos.

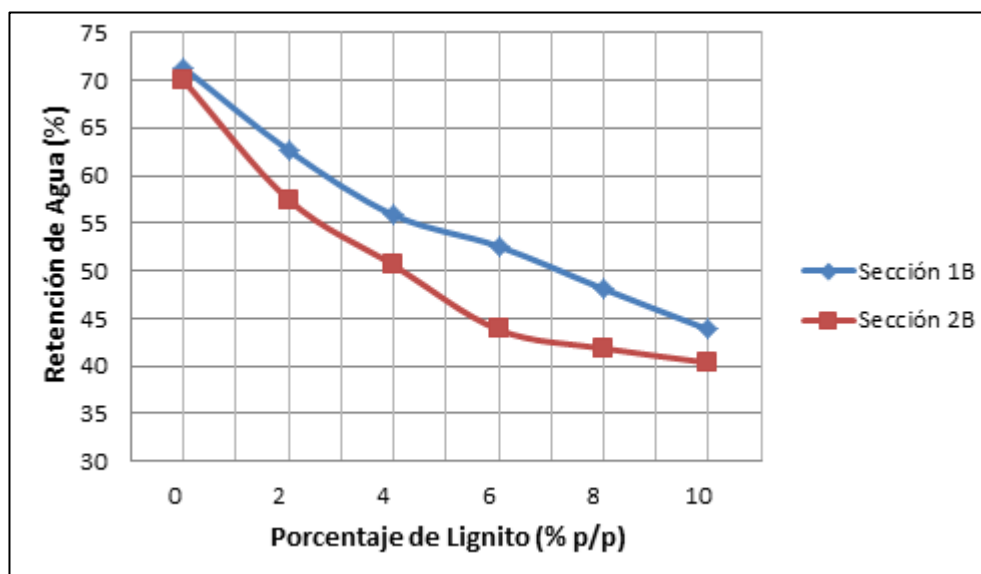


Figura 10. Variación del porcentaje de Retención de humedad en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.

Tabla 5. Variación de la retención de humedad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Humedad (%)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	71,32±0,10 ^{a,A}	69,99±0,09 ^{a,B}
2	62,64±0,09 ^{b,A}	57,45±0,08 ^{b,A}
4	55,85±0,11 ^{b,c,A}	50,58±0,08 ^{b,c,A}
6	52,57±0,08 ^{c,d,A}	43,82±0,09 ^{c,d,B}
8	48,10±0,09 ^{d,e,A}	41,85±0,10 ^{d,A}
10	43,82±0,07 ^{e,A}	40,34±0,11 ^{d,A}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 4; R.H._{promedio} ± S

IV. 2. INDICADORES QUÍMICOS

Los parámetros químicos para la evaluación de la calidad de suelo incluyen reacción del suelo (pH), capacidad de intercambio catiónico (CIC), bases intercambiables, conductividad eléctrica y materia orgánica total. Dichos parámetros son necesarios para una completa caracterización del suelo en estudio porque permiten describir diversos fenómenos biológicos y físicos.

IV. 2. 1. REACCIÓN DEL SUELO

La reacción del suelo es una variable de gran importancia que permite describir muchos de los procesos químicos y biológicos que ocurren en el suelo. Según los resultados obtenidos, se aprecia en la Tabla 6 una disminución secuencial de los valores de pH en los sistemas a medida que aumenta el porcentaje de lignito. A excepción del sistema al 6% de la sección 2B. En general, los resultados obtenidos presentan diferencias significativas con un 95% de confianza, a distintos porcentajes de lignito.

Tabla 6. Variación de pH en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	pH	
	Sección 1B	Sección 2B
0	10,41±0,04 ^{a,A}	6,88±0,10 ^{b,B}
2	9,19±0,11 ^{b,A}	5,50±0,31 ^{c,B}
4	8,05±0,30 ^{c,A}	4,43±0,20 ^{d,B}
6	7,30±0,01 ^{d,A}	7,09±0,08 ^{a,A}
8	6,74±0,10 ^{e,A}	4,74±0,09 ^{d,B}
10	6,54±0,07 ^{e,A}	4,60±0,05 ^{e,B}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 6; pH_{promedio} ± S

Según lo reportado por Duran (2011), se afirma que el elevado pH en la sección 1B se debe a la prolongada exposición a la escoria metálica, la cual incluye residuos de arena de sílice empleada para la fabricación de moldes de fundición, que en solución libera iones OH⁻. Como se observa en dicha sección el pH es altamente alcalino y disminuye a medida que el porcentaje de lignito aumenta, esto puede atribuirse a las especies ácidas que contiene y libera esta enmienda.

No obstante, la sección 2B tiene un comportamiento muy diferente, inicialmente presenta un valor de pH cercano a la neutralidad (6,88±0,10) que disminuye hasta llegar al porcentaje de 6% de lignito, donde hay un incremento. Esto pudiera explicarse debido a que la adición de lignito actuó en esencia como una fuente de carbono para fomentar los diferentes procesos metabólicos y enzimáticos de los microorganismos, ya que la exposición a la contaminación por escorias fue menor que en la sección 1B.

Con los datos presentados en la Tabla 6 se observa que con el tratamiento aplicado efectivamente varía el pH hasta valores mucho más adecuados, en donde la disponibilidad de nutrientes es mucho mayor y la toxicidad de otros agentes disminuye. En la Tabla 7 (Jaramillo, 2002); se visualiza que en la cercanías de pH 6 desaparece la posibilidad de toxicidad con Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} y el suministro de bases, de molibdeno y fósforo llega a ser óptimo para muchas especies, mejorando de igual manera sus propiedades físicas.

Tabla 7. Efecto del pH sobre la solubilidad de algunos elementos

Elemento	pH de máxima disponibilidad
N	6-8
P	5,6-6,6
K y S	>6
Ca y Mg	>6,5
Fe	<6
Mn	<5,5
Cu y Zn	5-7
B	5-7 y >9
Al	<5,5
Na	>8,5

*Jaramillo (2002)

IV. 2. 2. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO

Este parámetro tiene una relación estrecha con el pH y con la textura del suelo, ya que el proceso de intercambio iónico se lleva a cabo debido a la presencia de cargas electrostáticas en los coloides del suelo, que interactúan con los iones presentes en la solución del mismo (Jaramillo, 2002), por lo tanto, existe una relación intrínseca entre dichos parámetros. Se observa en la Figura 11 y Tabla 8 que los valores de CIC en los sistemas de 0% de lignito siguen la tendencia vista en el trabajo de Duran (2011), donde se encontró mayor capacidad de intercambio para la sección 2B que para la sección 1B, esto es debido a que la sección 1B se encuentra más cercana a la empresa y tiene mayor acceso para la disposición de los residuos, lo que demuestra que la presencia de sales o iones afectan directamente la CIC y el pH. Esto se evidencia de igual manera en los sistemas a diferentes porcentajes de lignito.

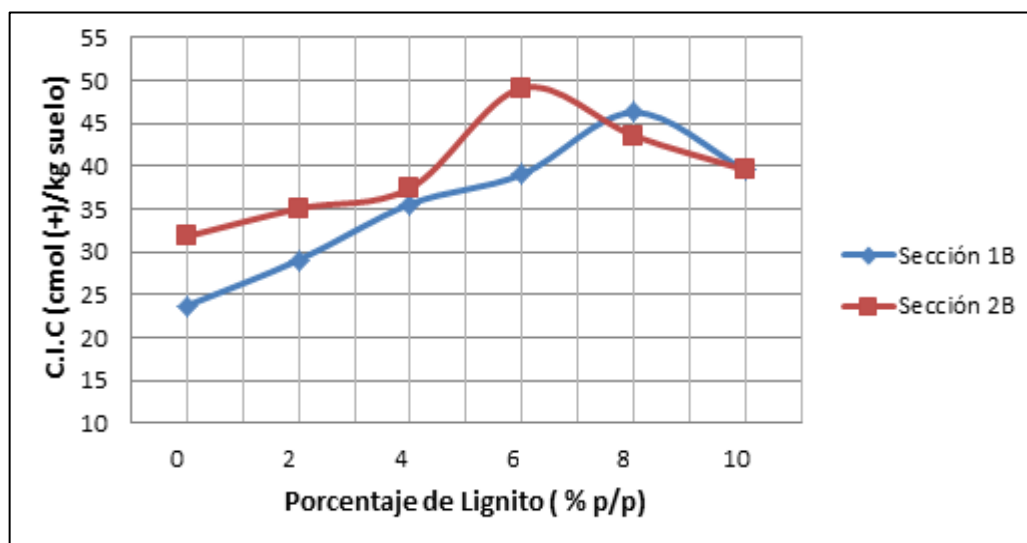


Figura 11. Variación de la Capacidad de intercambio catiónico en los sistemas suelo-lignito.

Tabla 8. Variación de la C.I.C en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	C.I.C (cmol/kg)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	23,71±0,02 ^{a,A}	31,38±0,01 ^{a,B}
2	29,04±0,01 ^{b,A}	35,05±0,03 ^{a,b,B}
4	35,58±0,03 ^{c,A}	37,44±0,02 ^{b,c,A}
6	39,04±0,01 ^{c,,A}	49,10±0,04 ^{d,B}
8	46,26±0,01 ^{d,A}	43,55±0,04 ^{e,A}
10	39,52±0,03 ^{e,A}	39,57±0,03 ^{e,A}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 6; CIC_{promedio} ± S

Como se observa en la Figura 11, en general la CIC para los sistemas 0% es menor que para el resto de los sistemas, adicionalmente se observó la diferencia significativa en un 95 % de confianza para los sistemas de 6%, 8% y 10% de lignito entre sí, indicando que la variación porcentual en el contenido de este afectó de manera notable la capacidad de intercambio catiónico en este caso. Observando cómo en ambas secciones aumenta ligeramente la CIC a medida que aumenta el porcentaje de lignito en los sistemas, siguiendo la tendencia planteada por Piñero (2012), posiblemente debido al incremento de la materia orgánica; la capacidad de intercambio catiónico 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 25,0 cmol/kg asegura una buena retención catiónica.

IV. 2. 3. BASES INTERCAMBIABLES

De igual manera, al estudiar el comportamiento de las bases intercambiables (Ca^{2+} y Mg^{2+}) determinadas en los sistemas suelo-lignito, se observa en la Figura 12 la variación de Ca^{2+} en función del porcentaje de lignito agregado, encontrándose diferencias significativas a concentraciones medias del mismo. En la gráfica se visualiza un punto de inflexión; a mayor porcentaje de lignito, la disponibilidad de metales disminuye debido a la estabilización de los mismos en la matriz del suelo (conformada por materia orgánica y contenido de limo), reteniendo con mayor fuerza los iones presentes en solución. concordando con lo planteado por Besoain (1970), el cual asegura que ciertos componentes de la materia orgánica son capaces de acomplejar iones metálicos en una forma similar a la que lo hace el EDTA, de manera que son estabilizados en la matriz del suelo y no tienden a formar parte del intercambio iónico.

Adicionalmente se evidenció que son significativamente diferentes las cantidades de Ca^{2+} reportadas entre una sección y otra en todos los porcentajes estudiados, esto se justifica por el hecho de que los residuos de fundición y escoria metálica se depositaban mucho más cerca de la sección 1B que de la sección 2B.

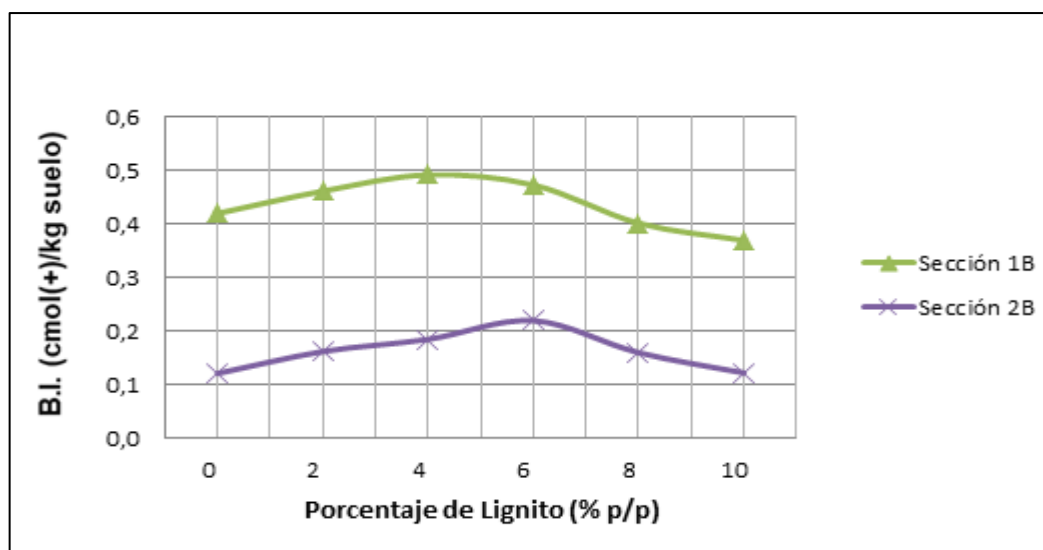


Figura 12. Variación del Contenido de Ca^{2+} en los sistemas suelo- lignito para las secciones 1B y 2B.

En el caso de la Figura 13, donde se expresa la variación de Mg^{2+} disponible en función del porcentaje de lignito, se observa una tendencia muy similar al comportamiento del Ca^{2+} .

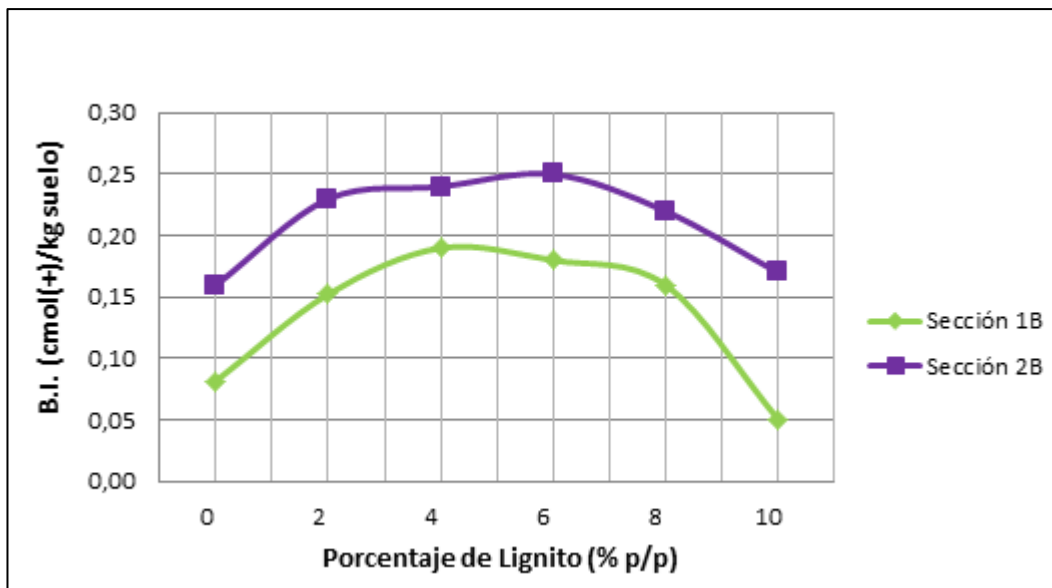


Figura 13. Variación del Contenido de Mg^{2+} en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.

Al comparar los contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} obtenido con los reportados por Duran (2011), en los suelos control, se sigue la tendencia en donde el contenido de Ca^{2+} es mayor que el contenido de Mg^{2+} . En la Figura 14 y Tabla 9, donde se expresa finalmente el contenido total de Ca^{2+} y Mg^{2+} para ambas secciones, se aprecia que en todo el intervalo de variación porcentual de lignito el contenido de bases es mayor en la sección 1B que en la sección 2B, esto igualmente a causa de la prolongada exposición de esta sección a los residuos de fundición y escoria metálica que allí fueron depositados, ya que si bien ambas secciones en estudio fueron afectadas, es evidente que no en igual magnitud, (ver Figura 4). Esto también se evidenció en las características físicas como el color (grisáceo para la sección 1B, marrón claro para la sección 2B) y en el estudio de otros indicadores como el pH, que inicialmente fue más básico para la sección 1B que la sección 2B, siendo éstas características de un suelo donde existen contenidos importantes de cuarzo, caolinita u otras arcillas silicatadas, carbonatos de calcio y/o magnesio, yeso, sales y/o óxido ferroso, así como también bajos contenidos de coloides en el suelo (Jaramillo, 2002).

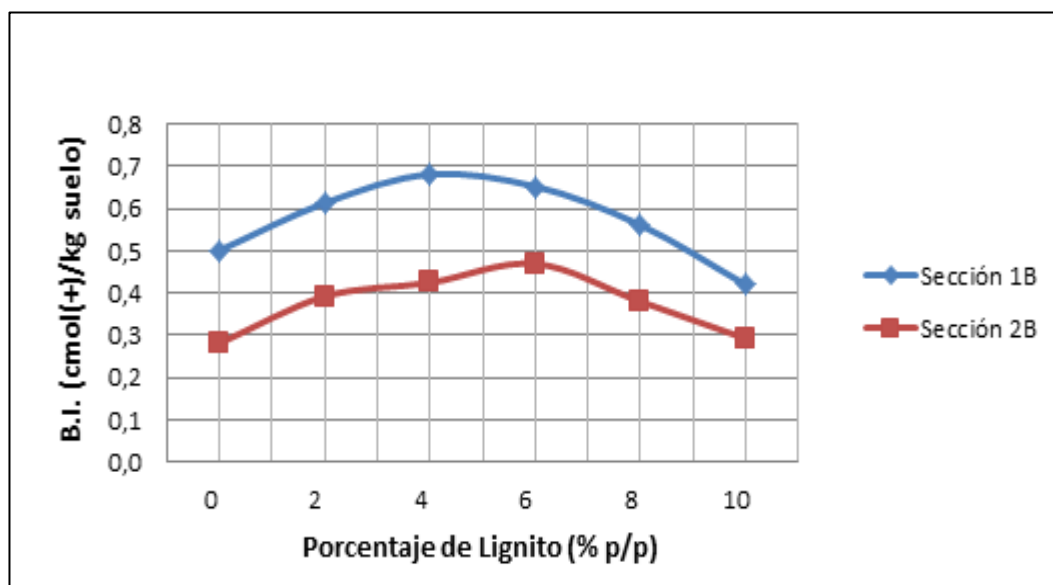


Figura 14. Variación del Contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} en los sistemas suelo- lignito para las secciones 1B y 2B.

Tabla 9. Variación de las Bases intercambiables totales en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	B.I.T (cmol/kg)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	0,502±0,009 ^{a,b,A}	0,282±0,010 ^{a,b,B}
2	0,614±0,011 ^{a,b,A}	0,393±0,013 ^{a,b,B}
4	0,681±0,011 ^{b,c,A}	0,425±0,011 ^{b,c,B}
6	0,653±0,010 ^{c,A}	0,470±0,009 ^{c,B}
8	0,561±0,010 ^{a,b,A}	0,380±0,009 ^{a,B}
10	0,420±0,013 ^{a,A}	0,293±0,013 ^{a,B}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 6; B.I.T_{promedio} ± S

IV. 2. 4. CONDUCTIVIDAD

La conductividad eléctrica es la capacidad de una solución de transmitir la electricidad, la cual está directamente relacionada con su contenido de sales y iones presentes en solución (Jaramillo, 2002). Tomando en cuenta esta definición, en la Figura 15 y Tabla 10 se representa la conductividad de las soluciones correspondientes a cada sistema suelo-lignito; se pueden observar tendencias diferentes en cada sección. En el caso de la sección 1B, se observa

una tendencia bastante uniforme aunque con un ligero aumento de la conductividad de los diferentes sistemas suelo-lignito respecto al suelo control. Sin embargo, se puede afirmar que el lignito agregado en distintas proporciones no tiene una influencia determinante sobre la conductividad de las soluciones.

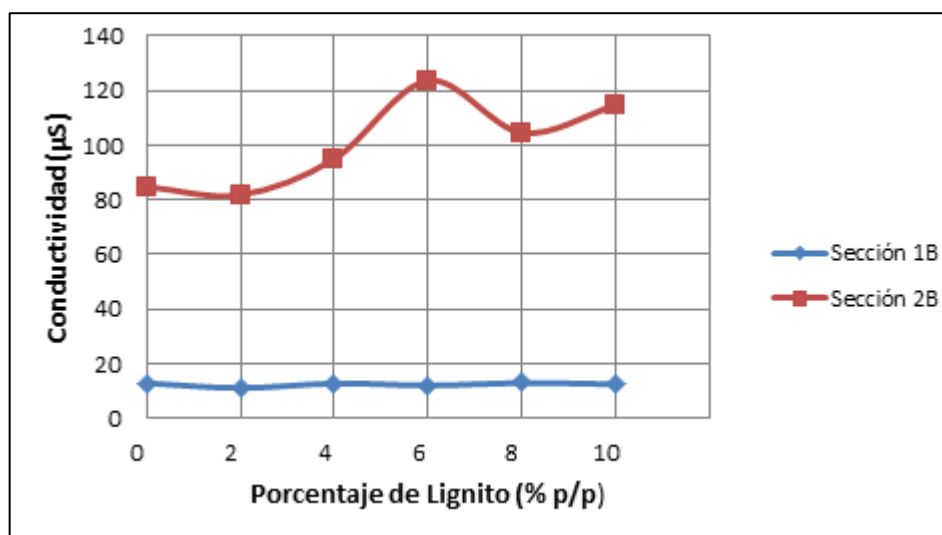


Figura 15. Variación de la Conductividad en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.

Tabla 10. Variación de la Conductividad en los sistemas suelo-lignito correspondientes a las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Conductividad (µS)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	12,23±0,010 ^{a,A}	84,77±0,11 ^{a,B}
2	11,10±0,11 ^{a,A}	81,08±0,13 ^{a,B}
4	12,80±0,11 ^{a,A}	94,96±0,010 ^{b,B}
6	12,05±0,14 ^{a,A}	123,60±0,12 ^{c,d,B}
8	12,98±0,13 ^{a,A}	104,60±0,010 ^{d,e,B}
10	12,48±0,013 ^{a,A}	114,62±0,14 ^{e,B}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 6; Conductividad_{promedio} ± S

En el caso de la sección 2B, se observa un comportamiento totalmente diferente a lo encontrado en la sección 1B. Aunque sigue existiendo una

tendencia hacia el aumento de esta variable; este aumento es mucho más notorio y toma su punto más elevado en el 6% de lignito en síntesis, exhibe una variación más pronunciada con respecto al suelo control.

La mayor conductividad en la sección 2B en comparación con la sección 1B, significa que existen mayor cantidad de iones solubles presentes en esta sección, dicho iones pueden ser sales disueltas o iones de naturaleza ácida, lo cual contribuye al pH menor que contiene esta sección de estudio.

Cabe destacar que a pesar de las diferencias significativas entre las dos secciones, ninguna entra en la especificación de suelos salinos según Porta (2011), el cual afirma que los suelos salinos poseen una conductividad mayor de 4 dS/m^{-1} .

IV. 2. 5. MATERIA ORGÁNICA TOTAL

Éste parámetro es de principal relevancia en este estudio, ya que además de presentar una estrecha relación con el resto de las propiedades estudiadas, el suelo al cual se le aplicó la enmienda con lignito poseía como característica principal poco contenido de materia orgánica.

Se observa en la Figura 16, un aumento de la cantidad de materia orgánica en los sistemas estudiados con respecto a la cantidad de lignito agregado, presentando una tendencia lineal y diferencias significativas entre los sistemas control y el resto de los sistemas. Estos resultados muestran la misma tendencia reportada por Piñero (2012), cumpliendo con el comportamiento esperado, ya que el lignito añadido fue transformado por los microorganismos presentes en el suelo, generando mayor cantidad de materia orgánica.

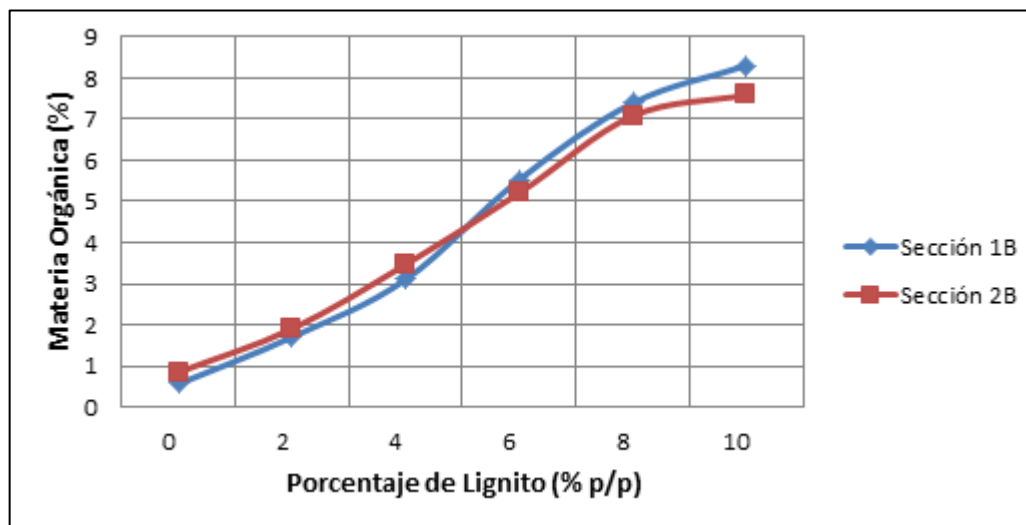


Figura 16. Variación del porcentaje de Materia orgánica en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.

En la Figura 16, también se observa que el contenido de materia orgánica en la sección 1B es muy similar a la sección 2B, implicando esto que hubo un índice de incorporación del lignito agregado igual en dichas secciones. La capacidad de incorporación de suelo también puede visualizarse a través del cálculo del porcentaje de materia orgánica incorporada, el cual evalúa la cantidad de materia orgánica transformada de cada sistema en función a la del suelo control (ver Tabla 11).

Por definición se sabe que la materia orgánica representa, aproximadamente, el 5% en el volumen de un suelo ideal. A pesar de ser un porcentaje relativamente pequeño, su presencia es altamente importante en el crecimiento de las plantas, respecto a los resultados obtenidos a valores mayores de 4% de lignito añadido se alcanza dicho porcentaje ideal de materia orgánica para ambas secciones de estudio.

Se evidencia que a mayor porcentaje de lignito añadido, se tiene un mayor porcentaje de incorporación, de manera que el uso de este como enmienda en suelos con bajo contenido de materia orgánica, permite aprovechar sus propiedades fisicoquímicas, utilizando al mismo como sustrato para microorganismos y convertirlo en materia orgánica propia del suelo y así fomentar diversos procesos metabólicos que ocurren en este.

Tabla 11. Porcentaje de Materia orgánica incorporada en los sistemas suelo-lignito de las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Materia Orgánica Incorporada (%)	
	Sección 1B	Sección 2B
2	67,74±2,81 ^{a,A}	61,00±1,31 ^{a,A}
4	79,23±2,17 ^{b,A}	73,99±2,05 ^{b,B}
6	87,18±1,01 ^{c,A}	81,02±2,99 ^{b,c,A}
8	90,09±0,69 ^{d,A}	85,30±1,31 ^{c,d,B}
10	91,08±1,10 ^{d,A}	86,15±1,52 ^{d,A}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 4; M.O.I._{promedio} ± S

IV. 3. INDICADORES BIOQUÍMICOS

La evaluación de los factores biológicos es de gran importancia ya que de estos depende en gran parte el equilibrio y sostenibilidad del suelo. Entre los indicadores biológicos estudiados se tienen la respiración, biomasa microbiana, diversidad microbiana y la actividad ureasa.

IV. 3. 1. RESPIRACIÓN DEL SUELO

La respiración del suelo es un proceso que refleja la actividad biológica del mismo mediante el consumo de oxígeno y desprendimiento de CO₂ como consecuencia del metabolismo de los organismos vivos existentes en el suelo. Este parámetro tiene una enorme importancia dentro del conocimiento de la calidad y salud del suelo, ya que sirve como indicador del estado general del mismo (García y col, 2003).

Al observar las Figuras 17 y 18, donde se expresa los mg de CO₂ generados por kg de suelo seco para las secciones 1B y 2B respectivamente, en función del número de días transcurridos, se aprecia un aumento en la actividad microbiana, siguiendo una tendencia logarítmica para todas las curvas, representando cada una de ellas diversos sistemas de porcentaje de lignito. Al observar ambas Figuras, la pendiente de las curvas en el intervalo de días (1-5) es más pronunciada que para días posteriores (10-26), lo cual es indicativo de la mayor actividad microbiana en ese primer intervalo de tiempo, ya que en menor tiempo se generó mayor cantidad de CO₂ por parte de los microorganismos. Esto se puede interpretar como un descenso en la actividad en función del tiempo, lo

cual puede atribuirse entre muchos factores, a un descenso en la población microbiana (Rivas, 2013).

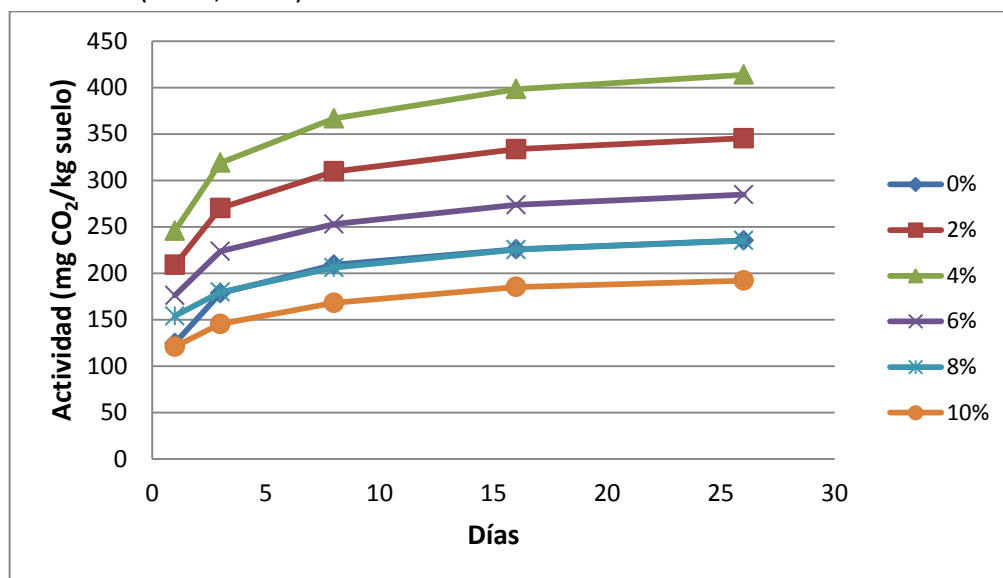


Figura 17. Variación de la Respiración microbiana en los sistemas suelo-lignito para la sección 1B.

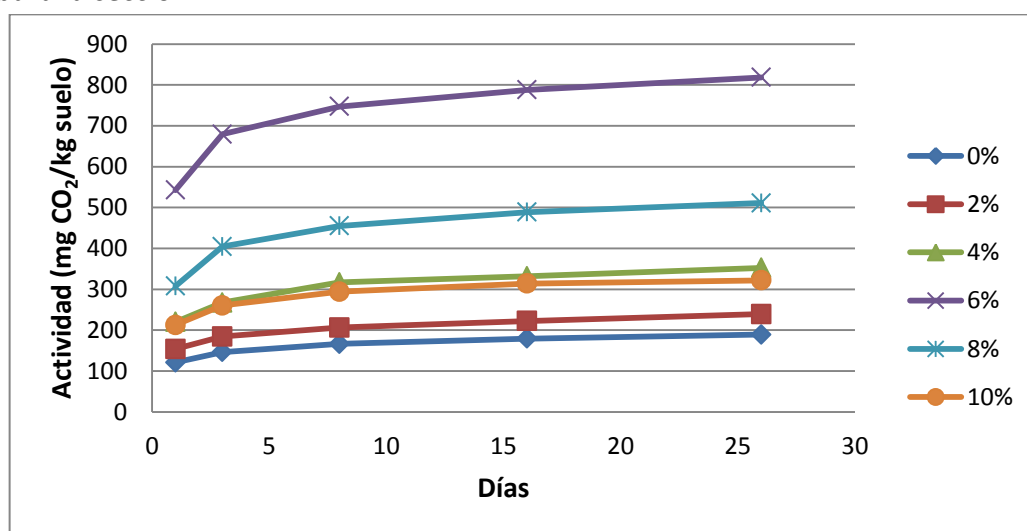


Figura 18. Variación de la Respiración microbiana en los sistemas suelo-lignito para la sección 2B.

Es posible que los microorganismos presentes en el suelo se mantuvieran en una fase de latencia, ya que se encontraban almacenados a una temperatura de 4°C. Al colocar las muestras de suelos en condiciones favorables (temperatura de laboratorio, aproximadamente 25 °C y 50-60% de la capacidad de campo), se favorece el crecimiento acelerado de microorganismos con alta actividad metabólica, de manera que al existir mayor cantidad de los mismos, se

mineraliza mayor cantidad de materia orgánica y por lo tanto se registra un incremento en la respiración del suelo. Sin embargo, al cabo de cierto tiempo, el progreso numérico de los microorganismos se retarda gracias a numerosos factores, como la falta de elementos nutritivos del sustrato, acumulación de productos finales del metabolismo que puedan ser tóxicos o inhibidores, ácidos orgánicos o alcoholes obtenidos a partir de la degradación de carbohidratos, modificación de pH, entre otros (Masson S.A, 1987). Por tal razón, a medida que transcurren los días, la población microbiana alcanza un equilibrio entre la población que muere y la que se reproduce, disminuyendo levemente y esto se evidencia en las gráficas estudiadas.

En la Tabla 12 se presenta la respiración basal para ambas secciones, donde se presenta el promedio de la cantidad de CO₂ generado por día durante los 26 días de incubación, evidenciando que la aplicación del lignito tiene un efecto significativo sobre la actividad microbiológica. La tendencia general es un aumento de la actividad. Si bien todos los sistemas contaban con mayor contenido de materia orgánica y mayor humedad a medida que el porcentaje de lignito aumentaba, estos presentaban valores de pH significativamente diferentes entre ellos, lo que puede tener gran influencia sobre la actividad microbiana.

Los sistemas 4% sección 1B y 6% sección 2B presentan diferencia significativa respecto al resto de los sistemas, siendo los valores máximos obtenidos, esto puede ser debido a que al adicionar esos porcentajes de lignito respectivamente el pH se encuentra muy cercano a la neutralidad lo cual es adecuado para fomentar diversas reacciones metabólicas y por ende los microorganismos presentan mayor actividad; en los sistemas de menor concentración de lignito el pH es muy básico y en los de mayor concentración es muy ácido, lo cual no es óptimo para el crecimiento de la mayoría de microorganismos.

El pH en el que la mayoría de los microorganismos, que conforman la biota del suelo, presentan su mayor actividad es cercano a la neutralidad por lo que es de esperar que para los sistemas con pH entre 8,05-7,09, que corresponde a un porcentaje de lignito agregado de 4-6%, sea mayor la actividad microbiana.

Tabla 12. Respiración basal de las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Respiración Basal (mg CO ₂ /kg suelo seco*26 días)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	9,53±1,02 ^{a,A}	9,90±1,57 ^{a,A}
2	11,73±2,04 ^{a,A}	16,86±3,36 ^{a,A}
4	15,40±2,88 ^{b,A}	20,90±2,98 ^{a,b,A}
6	11,00±2,08 ^{a,A}	30,43±3,09 ^{c,B}
8	9,90±1,02 ^{a,A}	22,36±2,94 ^{b,B}
10	6,96±0,91 ^{a,A}	7,70±1,72 ^{a,A}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 6; R.B._{promedio} ± S

En concordancia con estudios anteriores en suelos agrícolas (Campbell y col, 1991), el C-CO₂ mineralizado fue efectivamente sensible a los tratamientos de incubación. Donde las cantidades óptimas determinadas de este fueron. 20,00 mg C-CO₂ d⁻¹, para 30 días de incubación.

IV. 3. 2. BIOMASA MICROBIANA

La biomasa microbiana es un parámetro de especial interés, dado que los microorganismos desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento del sistema edáfico, siendo responsables de la transformación y estado de la materia orgánica, influyendo sobre los ecosistemas y su fertilidad e interviniendo en el establecimiento de los ciclos biogeoquímicos.

Los valores obtenidos del carbono de la biomasa microbiana poseen la misma tendencia que los de la respiración, puesto que los sistemas 4% sección 1B y 6% sección 2B resultaron los mayores valores (Figura 19), presentando diferencia significativa respecto al resto de los sistemas. Los porcentajes de lignito donde se obtuvo la mayor biomasa, generan las condiciones óptimas para el crecimiento de los microorganismos, a diferencia del resto.

Otro factor importante a recalcar que causa gran influencia sobre la biomasa es el pH, ya que como se sabe, el pH es un factor esencial en el metabolismo y crecimiento de bacterias, según lo indica Masson (1987), afirmando que la mayoría de éstas crecen mejor en un medio neutro o ligeramente alcalino (7,2-7,8); concentraciones fuertes de ácido o de álcalis son letales para la mayoría de los microorganismos. Al poseer en este caso sistemas con valores de pH comprendidos entre (7-8,5), se observa que el aumento en la

biomasa se ve favorecido para los porcentajes de lignito de 4% y 6% de la sección 1B y 2B respectivamente.

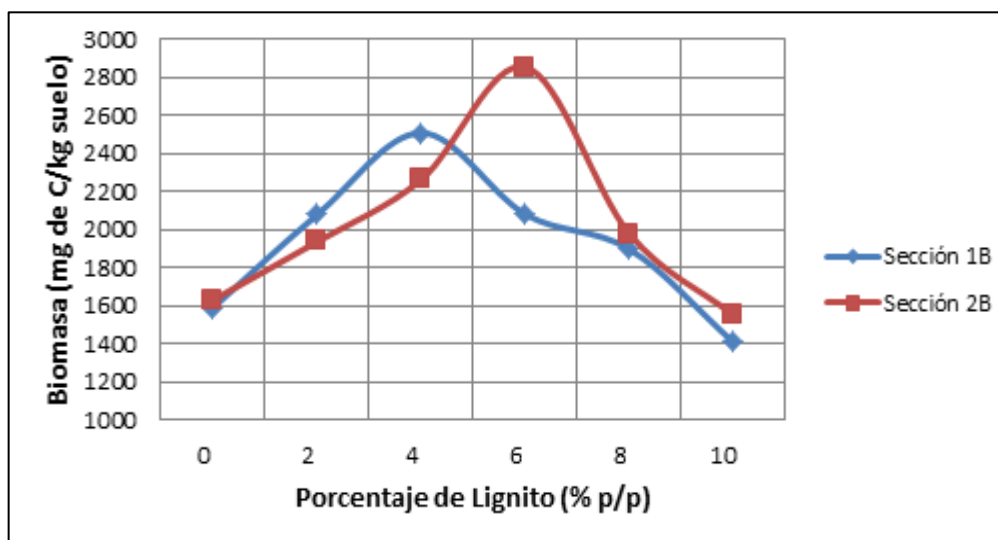


Figura 19. Variación de la Biomasa microbiana en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.

Tabla 13. Variación de la Biomasa microbiana en los sistemas suelo-lignito de las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Biomasa Microbiana(mg C/kg suelo seco)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	1591,28±7,28 ^{b,A}	1632,08±9,31 ^{a,A}
2	2080,80±9,01 ^{d,A}	1938,02±9,05 ^{b,B}
4	2509,12±19,96 ^{e,A}	2264,37±8,99 ^{c,B}
6	2080,83±7,60 ^{d,A}	2855,86±7,06 ^{d,B}
8	1897,23±8,69 ^{c,A}	1978,82±7,31 ^{b,A}
10	1407,42±8,10 ^{a,A}	1550,49±8,56 ^{a,B}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 6; B.M_{promedio} ± S

IV. 3. 3. 1. DIVERSIDAD MICROBIANA

Para evaluar la diversidad microbiana se cuantificó la carga bacteriana y fúngica, tomando en cuenta la presencia de escoria metálica como contaminante y el porcentaje de lignito añadido a los sistemas, considerando que estos factores provocan distintos efectos, dependientes de las variables estudiadas y de la naturaleza de los organismos presentes.

Por otro lado, la composición de la comunidad microbiana del suelo es altamente dependiente del valor de pH del mismo. Esta variable puede determinar desde el punto de vista biológico el tipo de organismo que se desarrolle sobre un suelo, debido a su significativa influencia sobre la disponibilidad de nutrientes. Al respecto, Wild (1992) afirma que los hongos y las bacterias constituyen los dos grandes grupos de microorganismos del suelo y el predominio de uno u otro grupo dependen de las condiciones locales, especialmente del pH y del contenido de humedad.

Al realizar el conteo de las unidades formadoras de colonias para cada caso y haciendo el respectivo tratamiento matemático, se obtuvo la carga bacteriana y fúngica cultivables para cada una de las muestras expresada como log (ufc/g suelo), expuestos en las Figuras 20 y 21 respectivamente. Se observa una carga bacteriana mayor en relación a la de los hongos.

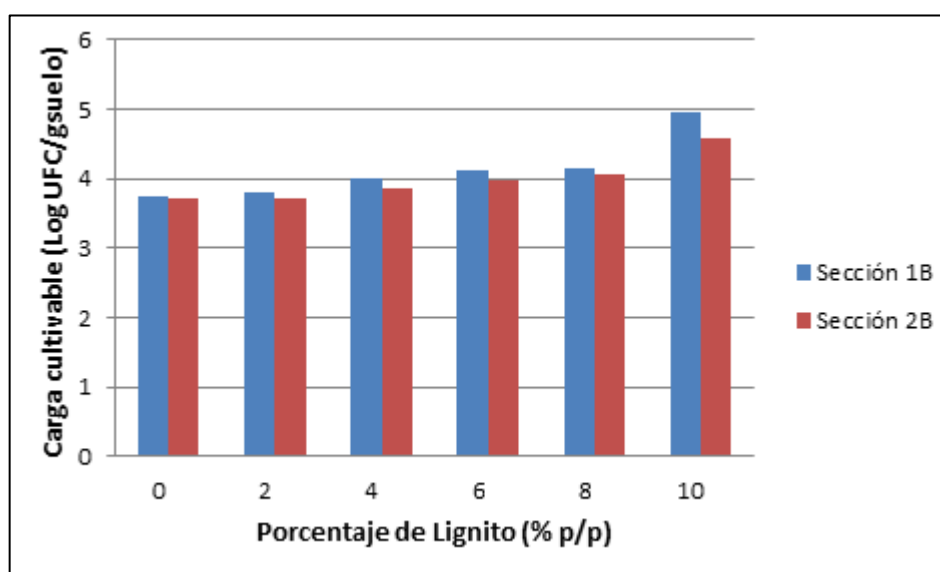


Figura 20. Carga bacteriana cultivable (UFC/g suelo) presentes en las muestras.

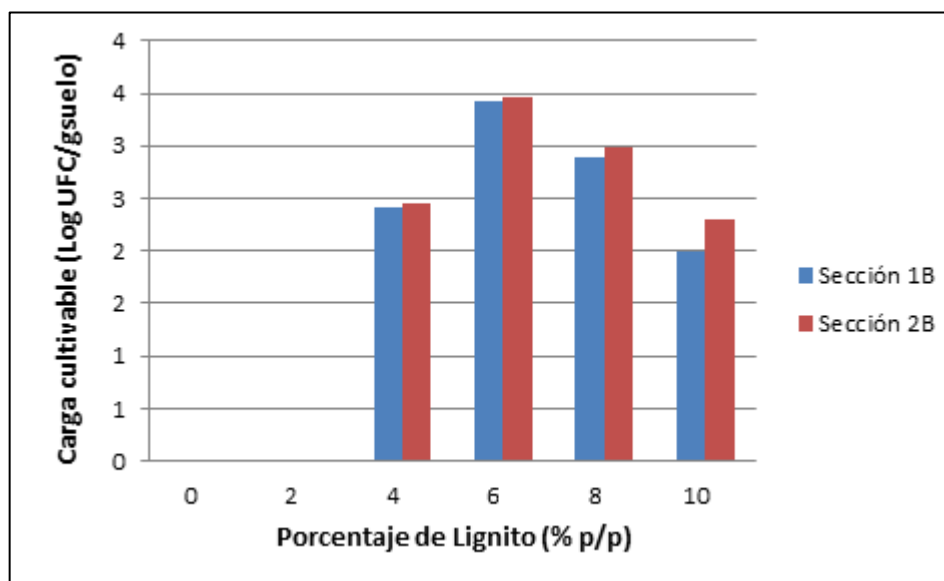


Figura 21. Carga fúngica cultivable (UFC/g suelo) presentes en las muestras

Al observar el comportamiento de las comunidades se tiene que, el cultivo de bacterias no posee diferencia significativa en un intervalo de confianza del 95% en las 2 secciones de estudio, sin embargo la cantidad de unidades formadoras de colonias tiende a ser mayor a medida que el porcentaje de lignito aumenta; obteniéndose un mayor valor a 10% de lignito agregado lo cual indica que probablemente las bacterias que forman parte de estas comunidades se ven afectadas positivamente a niveles mayores de materia orgánica.

Por otra parte el cultivo de hongos, tiene un comportamiento similar puesto que no se encontraron diferencias significativas entre ambas secciones de estudios a excepción de 6% y 8% de lignito añadido, donde se observan máximos de crecimiento de unidades formadoras de colonias; esto es debido a la gran sensibilidad metabólica que tienen los hongos asociadas al pH; a valores menores de 7 se tiene un grado de acidez moderadamente adecuado para estos, no obstante su pH óptimo de crecimiento se encuentra cercano a 5,5, (Soriano del Castillo, 2007), esto a su vez explica él porque a porcentajes bajos de lignito añadido (0% y 2%) no se observa crecimiento de hongos debido a las condiciones inapropiadas del pH presentes en el suelo.

En la Tabla 14 se encuentra el porcentaje y diversidades observadas en la tinción de Gram para cada muestra, en el Apéndice B se describen las características de cada colonia y en los Apéndices C y D se encuentran las imágenes de algunas bacterias aisladas.

Referente a la estructura de las comunidades bacterianas, se estudió la micromorfología para así evaluar la diversidad de las mismas. Para ello, se realizó la tinción de Gram, obteniéndose que la mayor parte de las colonias bacterianas aisladas, fueron del tipo Gram-positivo, siendo principalmente bacilos Gram-positivos.

Como se mencionó anteriormente, tras el análisis de la morfología microscópica de las colonias de bacterias aisladas (Tabla 7), podemos observar que se obtuvo mayor proporción de bacterias Gram-positivas para las diferentes muestras, esto puede deberse en un principio a la adición de materia orgánica, puesto que dichas bacterias se encuentran fuertemente asociadas a diferentes procesos de degradación de carbono, nitrógeno y azufre (Prescott y col. 2004); adicionalmente este tipo de bacteria cuenta con una capa gruesa de peptidoglicano que es lo suficientemente poroso como para permitir la difusión de los metabolitos a la membrana plasmática. Este elemento es esencial para la estructura, supervivencia y replicación de las células.

La presencia de ácidos teicoicos y lipoteicoicos, sirven como agentes quelantes, controlando el tránsito de algunos cationes; lo cual brinda a las bacterias Gram-positivas grandes posibilidades de supervivencia en condiciones generalmente hostiles (Patrick y col, 2009).

Con respecto a las bacterias Gram-negativas presentes se sabe que tienen diversos mecanismos de resistencia a su disposición, que les permiten soportar ciertas condiciones hostiles, ya que pueden generar cambios de la bicapa lipídica, debido a que contienen proteínas integrales de membrana, suficientemente grandes para permitir procesos de difusión pasiva, por tanto actúan como canales que son específicos para diferentes tipos de moléculas, estas proteínas forman canales llenos de agua embebidos en la membrana externa que regulan la entrada de algunos elementos, siendo resistentes a muchos agentes, de esta manera pueden sobrevivir a cambios externos a la membrana, así como soportar cambios climáticos, agentes contaminantes, pH muy alcalinos, entre otros (Klebb, 2005).

Tabla 14. Morfología microscópica de las colonias de bacterias aisladas

Especie	Porcentaje	Diversidad
Bacilos Gram-Positivos	38%	• Bacilo • Diplobacilo • Estreptobacilo
Bacilos Gram-Negativos	2%	• Bacilo
Cocos Gram-Positivos	30%	• Coco • Estafilococo • Estreptococo
Cocos Gram-Negativos	30%	• Coco • Estafilococo

Con respecto a la morfología de las colonias fúngicas, una vez realizado el aislamiento de las colonias se observaron en una lupa en busca de hifas. (Apéndice E), pudiéndose identificar dos géneros de acuerdo a su estructura. Los géneros identificados corresponden a *Aspergillus* y *Penicillium*. Estas especies son características de los suelos, se adaptan con facilidad a medios hostiles y poseen fácil proliferación sobre todo en ambientes ricos en materia orgánica, puesto que la misma representa su principal sustrato, Según mencionó Jasper (1994) los hongos son importantes componentes microbianos que disminuyen las limitaciones y se acondicionan para su crecimiento en suelos contaminados.

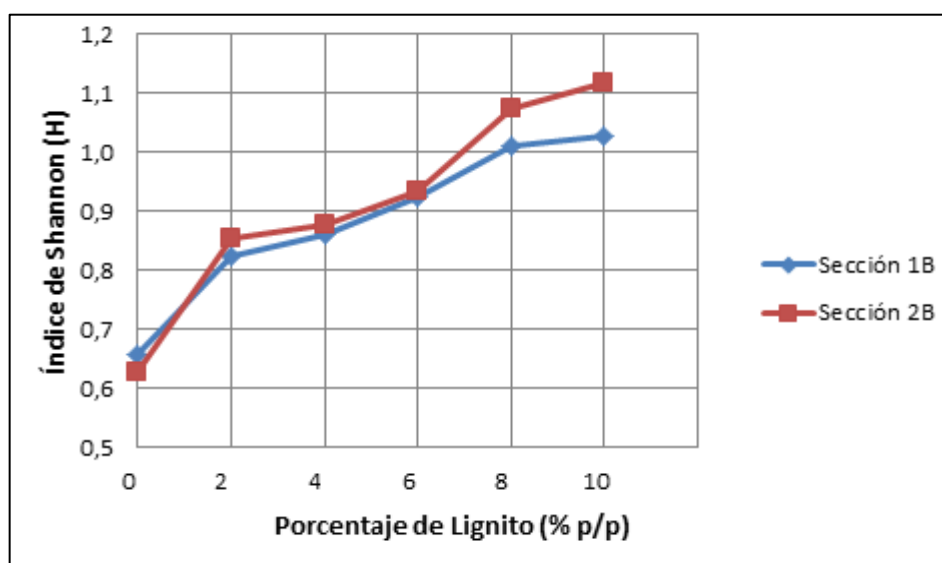


Figura 22. Índice de Diversidad de Shannon para bacterias.

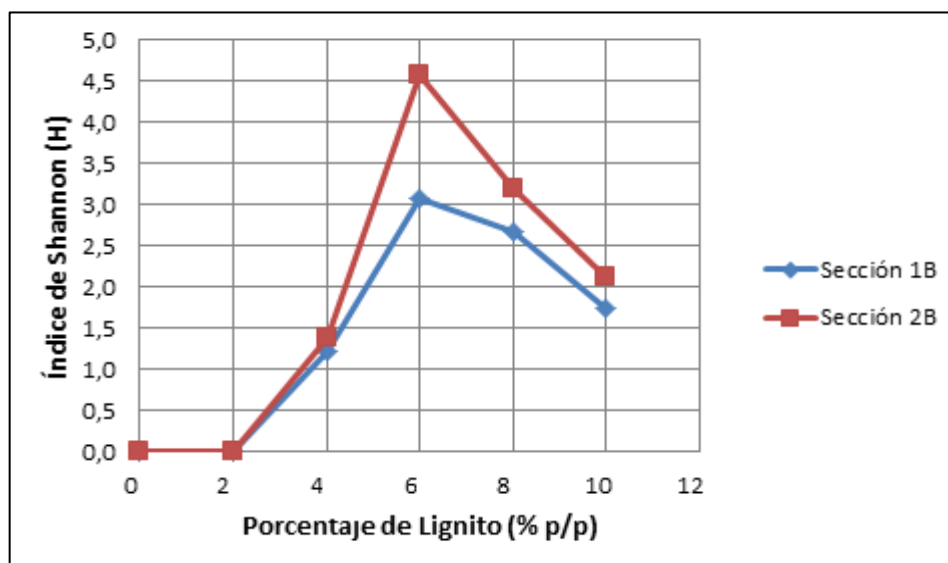


Figura 23. Índice de Diversidad de Shannon para hongos.

Los índices de diversidad se calcularon mediante los procesos no paramétricos sugeridos por Shannon (Srivastava y col, 2007). En la Figura 22 para bacterias y la Figura 23 para hongos, se muestran los valores obtenidos del índice de Shannon calculados para ambas secciones de estudio. Los resultados indicaron una menor diversidad en la sección 1B, tanto para hongos como para bacterias. Lo cual indica que la sección más alejada a la industria (2B), en principio está menos afectada por los agentes contaminantes y por ende tiene mayor diversidad, lo que significa que la presencia de escoria metálica impactó de manera negativa el crecimiento de las comunidades microbianas.

No obstante como se indicó anteriormente, no hay diferencias significativas en la cantidad de ufc de ambas secciones por lo que se puede evidenciar que el lignito como enmienda orgánica pudo inhibir los efectos contaminantes de la escoria metálica mayoritariamente presentes en la sección 1B y de esta manera hacer que dicha sección sea adecuada para la proliferación de microorganismos.

En comparación con los resultados reportados por Medina, (2013) respecto al estudio microbiológico de las secciones afectadas por escoria metálica 1B y 2B para enero del 2013, se encontraron diferencias en los mismos, puesto que se obtuvo en sus análisis un crecimiento fúngico mayor al crecimiento bacteriano, esto debido al poco contenido de materia orgánica

presente en los suelos sin la aplicación de enmiendas, lo cual restringe en gran medida el crecimiento bacteriano. Dentro de las pocas comunidades bacterianas que crecieron se observó predominio de las bacterias Gram-negativas, esto causa de las condiciones de alcalinidad de dichas muestras, lo cual entonces nos permite inferir que por regular el pH a intervalos menos alcalinos el crecimiento de bacterias Gram-positivas se ve favorecido.

Adicionalmente, en concordancia con los resultados de Medina, se obtuvo un crecimiento mayor tanto para bacterias como para hongos en la sección 2B que en la secciones 1B. Lo cual demuestra que, el impacto mayoritario de la actividad metalúrgica en la secciones 1B afecta negativamente la proliferación de microorganismos.

IV. 3. 3. 2. DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS CULTIVABLES PRODUCTORES DE AMILASAS, PROTEASAS, CELULASAS Y FIJADORES DE NITROGENO

El análisis cuantitativo para la determinación organismos cultivables productores de amilasas, proteasas, celulasas y fijadores de nitrógeno se llevó a cabo mediante medios de cultivos selectivos para cada tipo de microorganismo, tras el conteo de las ufc para cada caso se les realizó el tratamiento matemático correspondiente, calculándose el Índice de Shannon para cada seccion de muestra obteniéndose los resultados mostrados en las Figuras 24 y 25.

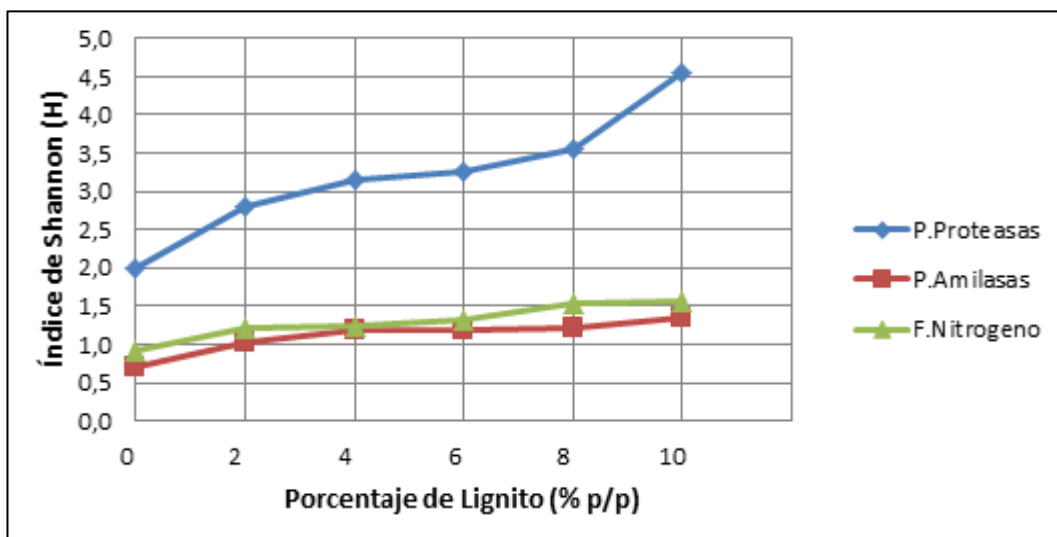


Figura 24. Índice de diversidad de Shannon sección 1B

El análisis del índice de diversidad de Shannon no mostró diferencias significativas entre las 2 secciones de estudio; sin embargo si se evidencio diferencia significativa en el crecimiento de las distintitas comunidades microbianas estudiadas, siendo significativamente menor para los microorganismos productores de celulasas donde no se observó crecimiento; para los microorganismos productores de amilasas y fijadores de nitrógenos se observó un crecimiento moderado, mientras que para los microorganismos productores de proteasas se obtuvo un crecimiento microbiano elevado; estas diferencias puede atribuirse al efecto que pueden tener las propiedades del suelo tales como pH, C total y N total sobre diversidad microbiana.

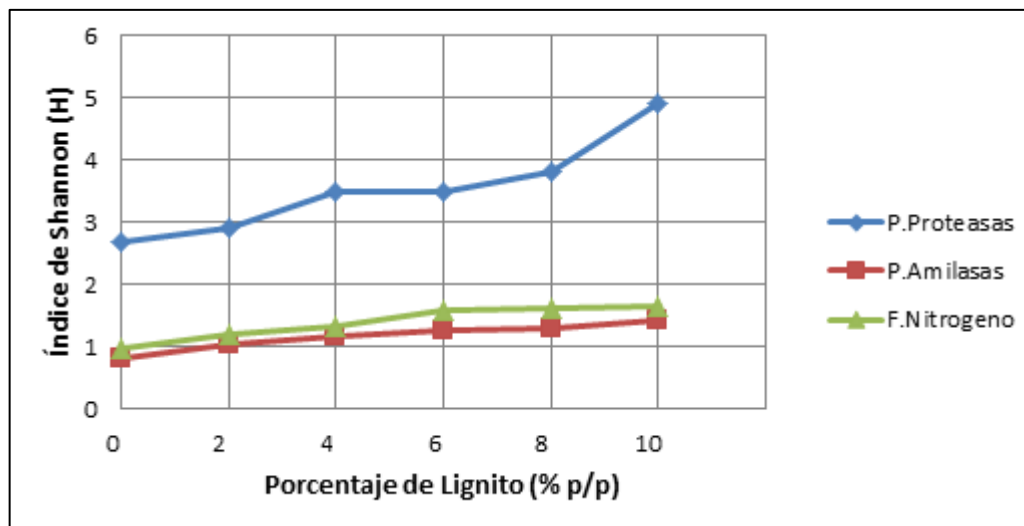


Figura 25. Índice de diversidad de Shannon sección 2B

Se ha demostrado que los organismos celulolíticos están muy correlacionados positivamente con el contenido de humedad (Joshi y col. 1993), es por ello que las muestras no presentaron crecimiento de estos microorganismos, debido a que los niveles de humedad son muy bajos (2,42%-3,66%) para ambas secciones muestra.

En relación a los organismos proteolíticos se observaron altos niveles de crecimiento en ambas secciones de muestra, en este mismo sentido, las proteasas del suelo son las responsables de la ruptura de los enlaces peptídicos, lo que origina la descomposición progresiva del nitrógeno contenido en las proteínas, considerando que la mayor parte del nitrógeno que está presente en los suelos se encuentra en forma orgánica, siendo en gran parte derivado de la degradación, de las proteínas y péptidos, se constituye un gran reservorio de este elemento (Medina, 2013). Considerando el incremento progresivo de la

materia orgánica a medida que aumenta el porcentaje añadido de lignito (Tabla 5), es de esperarse la alta diversidad de estos microorganismos, los cuales tienen suficiente sustrato para degradar.

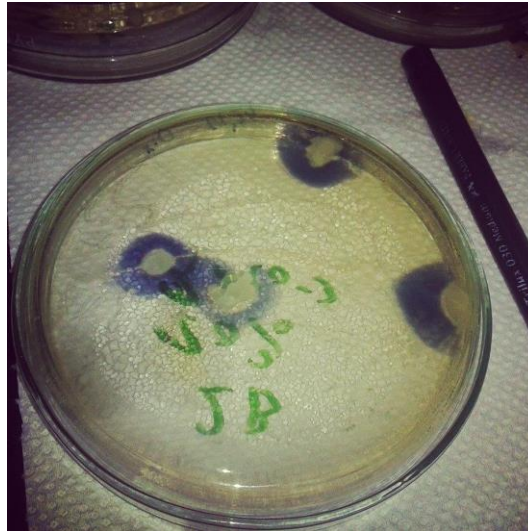


Figura 26. Determinación de la presencia de microorganismos degradadores de amilasas. La imagen indica respuesta positiva ante la tinción con lugol, lo que confirma la presencia de microorganismos productores de amilasas

En el caso de microorganismos amilolíticos y fijadores de nitrógeno se encontró baja diversidad en ambas secciones de estudio. Los microorganismos productores de amilasas, posiblemente se vieron afectados por el bajo aporte vegetal que tiene el terreno.

Mientras que para los microorganismos fijadores de nitrógeno se pudo observar la misma colonia en todas las placas y solo algunas pocas diferentes. Se comprobó que todas las colonias aisladas eran bacterias, lo cual concuerda con lo obtenido a través del coeficiente Lineal de Pearson, donde la carga bacteriana se correlacionó positivamente con la carga de fijadores de nitrógeno (correlación ($P < 0,05$) positiva ($R^2 = 0,9594$); (Apéndice A), indicando que estas especies eran del tipo bacteriano.

Los resultados del estudio permitieron demostrar que con el uso del índice de diversidad no sólo se puede determinar el impacto de la actividad metalúrgica en comunidades microbianas, sino también determinar la diversidad entre las muestras tomadas. Así mismo, el empleo de los índices de diversidad

permitió analizar el efecto variables fisicoquímicas y bioquímicas en las comunidades de microorganismos estudiadas.

IV. 3. 4. ACTIVIDAD UREASA

Al estudiar la actividad de la enzima ureasa se observa en la Figura 27 y Tabla 15 la variación de $\mu\text{g de N-NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$ con respecto al porcentaje de residuo de lignito agregado a los sistemas en estudio.

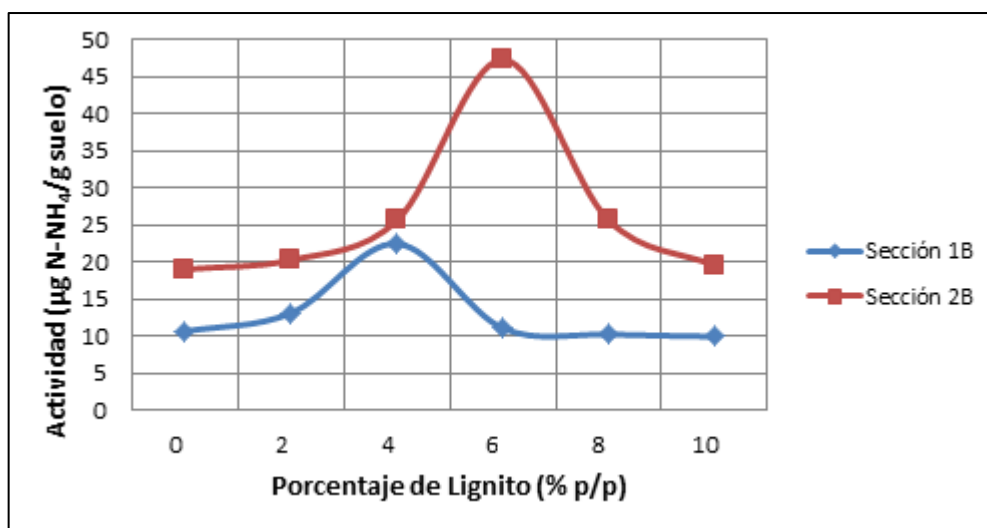


Figura 27. Variación de la actividad ureasa en los sistemas suelo-lignito para las secciones 1B y 2B.

Tabla 15. Variación de la Actividad ureasa en los sistemas suelo-lignito de las secciones 1B y 2B.

Lignito (%)	Actividad Ureasa ($\mu\text{g de N-NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	
	Sección 1B	Sección 2B
0	10,68±0,77 ^{a,A}	19,04±0,92 ^{a,A}
2	13,12±0,86 ^{a,A}	20,29±0,84 ^{a,A}
4	22,49±0,88 ^{a,B}	25,64±0,78 ^{b,A}
6	11,09±0,79 ^{b,B}	47,33±0,88 ^{c,A}
8	10,24±0,99 ^{a,B}	25,64±0,92 ^{b,A}
10	9,97±0,92 ^{a,A}	19,53±0,91 ^{a,A}

*Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas.

*n = 6; A. $U_{\text{promedio}} \pm S$

Claramente se observa una tendencia en donde la sección 1B tiene un máximo de actividad en el sistema de 4% y la sección 2B en el sistema 6% de lignito y para los demás sistemas con mayor porcentaje este valor disminuye.

Los sistemas de menor porcentaje de lignito presentan poca actividad, ya que la misma se ve afectada por la presencia de metales pesados (Tabatabai, 1977). Según Beri y col, (1978) la actividad ureasa aumenta con la materia orgánica del suelo, sin embargo en este caso, no se observa una correlación directa entre ambos parámetros

Dicho comportamiento podría deberse a que el pH influye decisivamente en la actividad enzimática y que existe un valor óptimo del mismo; a mayor o a menor pH la actividad enzimática decrece rápidamente debido a cambios de carga eléctrica de los diversos aminoácidos que conforman la enzima, lo que ocasionan una pérdida de afinidad con el sustrato, destruyendo la conformación adecuada para que se lleve a cabo la catálisis (Primo, 1995).

Tomando en cuenta lo anteriormente descrito y sumando el hecho de que el pH en las condiciones coloidales del suelo es diferente a las del suelo en solución, la enzima se estabiliza en suelos que presentan un pH óptimo aparente (Tabatabai y Bremner, 1972), por lo que se puede justificar el comportamiento observado, teniéndose condiciones de pH y contenido de material orgánica propicias para que se llevase a cabo el proceso catalítico de transformación de urea a amonio (Rivas, 2013).

Cárcamo y col. (2004) reportó valores de ureasa entre 23,3-55,3 ug N-NH₄+g⁻¹ s 2h⁻¹ en una plantación de bosque. Definiendo que el incremento de actividad ureasa es atribuido a un efecto de la fertilización con N y indicaron que el contenido de materia orgánica en el suelo tiene efecto positivo sobre la esta actividad enzimática.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. 1. CONCLUSIONES

- La adición de lignito como enmienda orgánica, en general modificó positivamente las características físicas y químicas de los suelos contaminados con escoria metálica. Referente a esto podemos afirmar que:
 - Hubo un aumento significativo del contenido de limo, humedad y disminución de la capacidad de retención de humedad en los sistemas a medida que aumentaba el porcentaje de lignito (p/p) adicionado.
 - El pH de los sistemas suelo-lignito disminuyó, desde valores cercanos a 10 hasta llegar a valores cercanos a 4, encontrándose mayor disponibilidad de nutrientes a pH cercanos a la neutralidad.
 - El porcentaje de materia orgánica total aumentó a mayor cantidad de lignito añadido, mostrando porcentajes de incorporación entre 60 y 90%.
- En general, la presencia de lignito entre 4 y 6% favoreció la actividad microbiológica de los suelos. Encontrándose que:
 - La respiración del suelo, fue mayor para los sistemas con 4% y 6% de lignito en las secciones 1B y 2B, respectivamente, reflejando mayor actividad microbiológica.
 - La actividad ureasa obtuvo su mayor resultado en los sistemas con 4% y 6% de lignito para las secciones 1B y 2B respectivamente, ya que los valores de pH en dichos sistemas, se asemejan a los del pH óptimo de trabajo para la enzima.
 - La biomasa microbiana aumentó conjuntamente con la actividad microbiana, debido a las condiciones óptimas de sustrato que permite a los microorganismos proliferar.

- El lignito generó un incremento de la diversidad de las comunidades microbianas, observándose una mayor cantidad de especies al añadir esta enmienda.
- En referencia a la caracterización macro y micro morfológica de las bacterias, se obtuvo que las Gram-positivas resultaron en mayor proporción que las bacterias Gram-negativas, para las diferentes muestras. En cuanto a la presencia de hongos, se logró identificar los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.
- Respecto a los organismos degradadores de celulosa, almidón, proteínas y fijadores de nitrógeno, se obtuvo mayor crecimiento de microorganismos proteolíticos en comparación a los amilolíticos y fijadores de nitrógeno, para ambas secciones de muestra; no se observó crecimiento de organismos celulíticos.
- En cuanto al estudio comparativo entre los parámetros físicos, químicos y bioquímicos, se tienen las siguientes conclusiones:
 - Se encontraron correlaciones significativas ($P < 0,05$) entre retención y humedad ($R^2 = -0,8337$), materia orgánica y humedad ($R^2 = 0,9746$), textura y humedad $R^2 = (0,8937)$.
 - La biomasa microbiana presentó una correlación significativa ($P < 0,05$) con el pH ($R^2 = 0,0410$).
 - Se encontraron correlaciones ($P < 0,05$) negativas entre el contenido de bases intercambiables con el de materia orgánica ($R^2 = -0,0076$) y el de textura ($R^2 = -0,0961$).

V.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda determinar la relación carbono/nitrógeno en sistemas donde se aplique esta enmienda, ya que los dos elementos son indispensables y afectan directa o indirectamente a todos los procesos biológicos.
- Realizar el análisis de la diversidad a través de métodos moleculares para tener una mejor perspectiva de los organismos presentes.

- Complementar este estudio con análisis los ácidos grasos metil esterificados (FAME).
- El análisis de estos resultados se podría continuar incorporando otro tipo de variables fisicoquímicas y biológicas que permitan interpretar aún mejor las diferencias entre los tratamientos estudiados, como lo son la estructura del suelo, el nitrógeno total y la capacidad de absorción de fosfatos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Acar. Y.B. y Alshawabkeh A.N.** (1996). Electrokinetic remediation 1. Pilot scale test with Pb-spiked kaolinite. *J. Geotech. Eng.* 122, 173–185pp.
- **Adams M. (1995).** Fundamentos de química de los suelos. Universidad Central de Venezuela. Caracas. (p.p.204)
- **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.
- **Aganga, A.A and Tshwenyane, S.O.** (2003) Feeding Values and Anti-Nutritive Factors of Forage Tree Legumes. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2, 170-177.
- **Bautista A., Etchevers J. Del Castillo R., y Gutiérrez C.** (2004) La Calidad del Suelo y sus indicadores. *Revista Ecosistemas*. 13. 90-97.
- **Bautista Zúniga, Francisco** (1999). Introducción al Estudio de la Contaminación del Suelo por Metales Pesados. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- **Bejarano B.** (2010). Estudio de Actividades Enzimáticas involucradas en el Ciclo del Nitrógeno en suelos impactados con Desechos Sólidos ubicados en la zona del Ereigüe -Estado Carabobo. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Carabobo.
- **Beri, V., Goswami, K.P., Brar, S.S.** (1978) Urease activity and its Michaelis constant for soil systems. *Plant and Soil*. 49, 105-115.
- **Besoain, Eduardo** (1970). Mineralogía de Arcillas de Suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica.
- **Bloem J., Hopkins D., & Benedetti A.** (2006) Microbiological methods for assessing soil quality. Cabi Publishing. London.
- **Buol, Stanley W., F.D. Hole and R.W. McCracken.** (1997). *Soil Genesis and Classification*, 4th ed. Iowa State Univ. Press, Ames ISBN 0-8138-2873-2
- **Bouyoucos, G.J.** (1936). Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. *Soil Science* 4:225 – 228
- **Camacho C.** (2007) Coeficiente de Correlación Lineal de Pearson. Análisis de Datos II. Universidad de Sevilla. Referencia Electrónica. Recuperado 10 septiembre del 2011.

- **Campbell, C.A., V.O. Biederbeck, R.P. Zentner, and G.P. Lafond.** (1991). Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Can. J. Soil Sci.* 71:363-376.
- **Cárcamo, A; LS Puentes; R Godoy; C Oyarzun& E Valenzuela.** (2004). Actividad biológica del suelo en un bosque de *Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst., centro - sur de Chile. *Rev. Cien. Suelo Nutr. Veg.* (I) 4: 14-2
- **Castells X.** (2000) Reciclaje de Residuos Industriales. Ediciones Díaz Santos. Madrid. (pp. 333-347).
- **Doménech, Xavier;** Peral, José (2006). Química Ambiental de Sistemas Terrestres. Editorial Reverté. Edición en Español. Impreso por Liberdupléx, S. L. U. España.
- **Dumanski, J., Gameda, S. y Pieri, C.** (1998). Indicators of land quality and sustainable land management. The World Bank, Washington DC, USA
- **Duran D.** (2011). Determinación del impacto de la actividad metalúrgica sobre propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Trabajo Especial de Grado. Facyt –Química, Universidad de Carabobo
- **Garcia C.** (2003). Técnicas de Análisis de parámetros bioquímicos en suelos. Mundi Prensa. México. (pp. 127-129).
- **García, C., Gil, F., Hernández, T., Trasar, C.** (2003). Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos en Suelos: Medidas de Actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- **González Rebollar, José Luis y Chueca Sancho, Ana** (2010). C4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas. Homenaje al doctor Julio López Gorgé. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España.
- **Hünнемeyer, J.A y col.** (1997). Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.
- **Innyeperumal K., Shy W.** (2007). Soil Microbial community composition and structure: residual effects of contrasting N fertilization of swine lagoon effluents versus ammonium nitrate. *Plant and Soil.* 232. 233-244.
- **Inst. Tecnológico Geominero España,** (1987). Estabilidad de taludes en la minería de lignito a cielo abierto de España
- **Jackson, M. L.** (1970) Análisis químico de suelos. 2ª Ed. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España.

- **Jaramillo D.** (2002) Introducción a la Ciencia de los Suelos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- **Joshi Sr, Gd Sharma & Rr mishra** (1993) Microbial enzyme activities related to litter decomposition near a highway in a sub-tropical forest of north east India. *Soil Biology & Biochemistry* 25: 1763-1770.
- **Kandeler, E. and H. Gerber. (1988).** Short-Term assay of soil urease activity using colorimetric determination ammonium. *Biol Fertil Soil* 6:68-72.
- **Klebba, Phillip E.** (2005). The Porinologist. *Journal of Bacteriology*. Washington DC.
- **Ley Forestal de Suelos y Aguas.** (1966). Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 1.004 Extraordinario.
- **Ley Orgánica del Ambiente** (2006). Gaceta Oficial de La República Bolivariana de Venezuela N° 5.833 Extraordinario.
- **Maier R., Pepper I. & Gerba C.** (2009) *Environmental Microbiology*. Second Edition. Academic Press. China. (p.p. 205).
- **Masson S.A.,** (1987). *Microbiología y Parasitología Médica*. Ronda General Mitre. Barcelona, España.
- **Mc. Arthur, J.V, Kovacic D.A. and Smith M.H** (1988). Genetic diversity in natural populations of a soil bacterium across a landscape gradient. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85, 9621–9624.
- **Medina M.** (2013). Evaluación de comunidades microbianas en suelos impactados por actividad metalúrgica en Tinaquillo, Edo. Cojedes. Trabajo Especial de Grado. Facyt –Química, Universidad de Carabobo.
- **Montaner, L** (2011). Diversidad microbiológica de bacterias y hongos en suelos impactados con desechos urbanos provenientes del sector “El Ereigüe”, San Joaquín, estado Carabobo. Trabajo Especial de Grado. Facyt – Química, Universidad de Carabobo.
- **Olarte, L** (1979). *Métodos Analíticos del laboratorio de suelos*. Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” 4ª Ed. Olarte, L. I. Editor. Bogotá, Colombia. P.p. 664.
- **Oropeza, J.** (2010). Diversidad microbiológica de bacterias y hongos en suelos, Trabajo Especial de Grado. Facyt –Química, Universidad de Carabobo.
- **Patrick R. Murray, Ken S. Rosenthal, Michael A, Pfaller** (2009). *Microbiología Medica*, 6ta Edición Elsevier España, S.L
- **Paulet Iturri, Manuel.** (1983). Relación Agua-Suelo-Planta: Requerimientos de Agua de las Plantas en relación con el clima y el suelo para una

producción óptima. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Santo Domingo.

- **Paz Ferreiro, Jorge** (2007.) Propiedades bioquímicas de suelos de prado de Galicia. Universidad de Santiago de Compostella. Facultad de Farmacia.
- **Pérez, E., Garrido, P., y Laca, M.** (2008). Indicadores microbiológicos como marcadores de la contaminación y recuperación de suelos contaminados con queroseno. *Ecosistemas* 17(3):133-138
- **Piñero S.** (2012). Aplicación de los lignitos nacionales para el mejoramiento de suelos agrícolas. Trabajo Especial de Grado. Facyt – Química, Universidad de Carabobo.
- **Porta J.** (2008). Introducción a la Edafología: Uso y protección del Suelo. Mundi Prensa Libros. México.(pp. 182-184
- **Porta J.** (2011). Introducción a la Edafología: Uso y protección del Suelo. 2da Edición. Mundi Prensa Libros. México.(pp. 182-184)
- **Prescott, L. M., Harley, J. P., y Klein, D. A.** (2004). Microbiología. Quinta Edición. McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U. España.
- **Primo, Eduardo.** (1995). Química Orgánica Básica y Aplicada: de la molécula a la industria. Editorial Reverté. Universidad Politécnica de Valencia.
- **Ritchie N., Schutter M., Dick R., & Myrold D.** (2000) Use of length Heterogeneity PCR and Fatty Acid Methyl Ester Profiles to Characterize Microbial Communities in Soil. *Applied and Environmental Microbiology*. 66. 1668-1675.
- **Rivas F.** (2013). Tratamiento de suelos impactados con escoria metálica empleando residuos de aceites comestibles como enmienda orgánica. Trabajo Especial de Grado. Facyt –Química, Universidad de Carabobo.
- **Rodríguez C., Evelyn; Gamboa C., María del Mar; Hernández Chavarría, Francisco; García Hidalgo, Jorge.** (2006). Bacteriología General, Principios y Prácticas de Laboratorio. 1era Edición. Editorial EUCR. Costa Rica.
- **Russell, E. L. J.** (1989). Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- **Schollemberger, C. J.; Simon, R. H** (1945). Determination of Exchange Capacity and Exchangeable Bases in Soil-Ammonium Acetate Method
- **Singer, M.J. y Ewing, S.** (2000). Soil Quality. En *Handbook of Soil Science*. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida
- **Soriano del Castillo, J. M.** (2007). Micotoxinas en Alimentos. Ediciones Díaz de Santos. España.

- **Srivastava, R., Roseta, D., and Sharma, A. K.** (2007). The evaluation of microbial diversity in a vegetable based cropping system under organic farming practices. *Appl. Soil Ecol.* 36: 116-123.
- **Suárez de Castro, Fernando.** (1979). *Conservación de Suelos*. Editorial IICA. 3era edición. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica.
- **Steubing, Lore; Godoy, Roberto; Alberdi, Miren.** (2002). *Métodos de Ecología Vegetal*. Editorial Universitaria S.A. 1era Edición. Santiago de Chile, Chile.
- **Stevenson, F. J.** (1994). *Humus Chemistry. Genesis, composition, reactions*. Wiley and Sons, 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.
- **Strom, P.F.**, 1985. Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting. *Appl. Environ. Microbiol.* 50, 899–905.
- **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.
- **Tabatabai, M.A., Bremner, J.M.** (1972) Assay of urease activity in soils. *Soil Biology and Biochemistry.* 4, 479–487.
- **Tabatabai, M. A.** (1977). Effects of trace elements on urease activity in soils. *Soil Biology & Biochemistry.* 9, 9-93.
- **Volke T., Velasco J., y De la rosa D.** (2005) *Suelos Contaminados por Metales y Metaloides: Muestreo y Alternativas para su Remediación*. Instituto Nacional de Ecología. México. (pp. 37- 56).
- **Wild A.** (1992). *La población microbiana del suelo. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. p. 471-494.
- **Zambrano D.** (2014). *Evaluación de la fitotoxicidad de suelos impactados por la actividad metalúrgica tratados con aceite comestible usado*. Trabajo Especial de Grado. Facyt –Química, Universidad de Carabobo
- <http://www.consortioambiental.com/subpages/legislacion/Normas/semarnat/PROY-NOM-138-SEMARNAT-2003.pdf>

APÉNDICES

Apéndice A. Correlación de Pearson entre los parámetros estudiados luego del tratamiento de los suelos afectados por escoria metálica con lignito.

	Textura	Humedad	Retención Humedad	pH	Conductividad	CIC	Bases l.	M.O
Textura		0,8937	-0,9543	-0,6467	0,2072	0,7688	-0,0961	0,9130
		(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
		0,0001	0,0000	0,0230	0,5183	0,0035	0,7663	0,0000
Humedad	0,8937		-0,8337	-0,4297	-0,0467	0,7754	0,1353	0,9746
	(12)		(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0001		0,0008	0,1633	0,8855	0,0030	0,6750	0,0000
R. Humedad	-0,9543	-0,8337		0,6892	-0,3466	-0,8512	0,2419	-0,8648
	(12)	(12)		(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0000	0,0008		0,0132	0,2698	0,0004	0,4487	0,0003
pH	-0,6467	-0,4297	0,6892		-0,7579	-0,5887	0,6925	-0,5057
	(12)	(12)	(12)		(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0230	0,1633	0,0132		0,0043	0,0440	0,0126	0,0935
Conductividad	0,2072	-0,0467	-0,3466	-0,7579		0,3108	-0,8780	0,0343
	(12)	(12)	(12)	(12)		(12)	(12)	(12)
	0,5183	0,8855	0,2698	0,0043		0,3255	0,0002	0,9157
CIC	0,7688	0,7754	-0,8512	-0,5887	0,3108		-0,1969	0,7592
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		(12)	(12)
	0,0035	0,0030	0,0004	0,0440	0,3255		0,5397	0,0042
Bases l.	-0,0961	0,1353	0,2419	0,6925	-0,8780	-0,1969		-0,0076
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		(12)
	0,7663	0,6750	0,4487	0,0126	0,0002	0,5397		0,9813
M.O	0,9130	0,9746	-0,8648	-0,5057	0,0343	0,7592	-0,0076	
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	
	0,0000	0,0000	0,0003	0,0935	0,9157	0,0042	0,9813	
Respiración	0,2598	0,1692	-0,4261	-0,0964	0,3711	0,5472	-0,1187	0,0998
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,4148	0,5991	0,1672	0,7656	0,2349	0,0656	0,7133	0,7576
RIS	0,1267	0,1062	-0,1668	0,0410	0,1387	0,3962	0,2194	-0,0420
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,6947	0,7426	0,6044	0,8994	0,6673	0,2023	0,4933	0,8968
Bacterias	0,4908	0,4487	-0,4104	-0,2839	-0,0286	0,1705	-0,2244	0,5488
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,1052	0,1435	0,1851	0,3711	0,9296	0,5962	0,4832	0,0646
Hongos	0,5293	0,6589	-0,5545	-0,1555	0,0012	0,7503	0,2013	0,5419
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0768	0,0198	0,0613	0,6294	0,9970	0,0049	0,5304	0,0688
P.proteasas	0,0460	0,1102	0,0892	0,1618	-0,2551	-0,2343	0,0175	0,2071
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,8872	0,7331	0,7827	0,6153	0,4237	0,4636	0,9569	0,5183
P.amilasas	0,5378	0,2636	-0,4833	-0,5050	0,3731	0,1052	-0,3668	0,4036
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0713	0,4078	0,1115	0,0940	0,2323	0,7449	0,2409	0,1932
F.nitrogeno	0,5573	0,5733	-0,4650	-0,2642	-0,0846	0,2068	-0,1388	0,6755
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0598	0,0513	0,1277	0,4066	0,7939	0,5191	0,6671	0,0159
AU	0,1306	0,3595	0,0712	0,2884	-0,6028	-0,0275	0,7520	0,2094
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,6858	0,2511	0,8261	0,3633	0,0380	0,9323	0,0048	0,5137

Continuación

	Respiración	RIS	Bacterias	Hongos	P. proteasas	P. amilasas	F. nitrógeno	AU
Textura	0,2598	0,1267	0,4908	0,5293	0,0460	0,5378	0,5573	0,1306
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,4148	0,6947	0,1052	0,0768	0,8872	0,0713	0,0598	0,6858
Humedad	0,1692	0,1062	0,4487	0,6589	0,1102	0,2636	0,5733	0,3595
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,5991	0,7426	0,1435	0,0198	0,7331	0,4078	0,0513	0,2511
R. Humedad	-0,4261	-0,1668	-0,4104	-0,5545	0,0892	-0,4833	-0,4650	0,0712
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,1672	0,6044	0,1851	0,0613	0,7827	0,1115	0,1277	0,8261
pH	-0,0964	0,0410	-0,2839	-0,1555	0,1618	-0,5050	-0,2642	0,2884
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,7656	0,8994	0,3711	0,6294	0,6153	0,0940	0,4066	0,3633
Conductividad	0,3711	0,1387	-0,0286	0,0012	-0,2551	0,3731	-0,0846	-0,6028
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,2349	0,6673	0,9296	0,9970	0,4237	0,2323	0,7939	0,0380
CIC	0,5472	0,3962	0,1705	0,7503	-0,2343	0,1052	0,2068	-0,0275
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0656	0,2023	0,5962	0,0049	0,4636	0,7449	0,5191	0,9323
Bases l.	-0,1187	0,2194	-0,2244	0,2013	0,0175	-0,3668	-0,1388	0,7520
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,7133	0,4933	0,4832	0,5304	0,9569	0,2409	0,6671	0,0048
M.O	0,0998	-0,0420	0,5488	0,5419	0,2071	0,4036	0,6755	0,2094
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,7576	0,8968	0,0646	0,0688	0,5183	0,1932	0,0159	0,5137
Respiración		0,8018	-0,2541	0,5811	-0,4407	-0,1381	-0,3040	-0,2493
		(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
		0,0017	0,4254	0,0475	0,1516	0,6686	0,3367	0,4346
RIS	0,8018		-0,5160	0,5497	-0,5661	-0,3794	-0,5573	0,1376
	(12)		(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0017		0,0859	0,0641	0,0550	0,2239	0,0598	0,6698
Bacterias	-0,2541	-0,5160		-0,0685	0,7383	0,5269	0,9594	-0,1384
	(12)	(12)		(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
	0,4254	0,0859		0,8325	0,0061	0,0784	0,0000	0,6680
Hongos	0,5811	0,5497	-0,0685		-0,2069	-0,1780	-0,0192	0,4558
	(12)	(12)	(12)		(12)	(12)	(12)	(12)
	0,0475	0,0641	0,8325		0,5188	0,5800	0,9529	0,1364
P. proteasas	-0,4407	-0,5661	0,7383	-0,2069		0,3301	0,7258	0,0348
	(12)	(12)	(12)	(12)		(12)	(12)	(12)
	0,1516	0,0550	0,0061	0,5188		0,2947	0,0075	0,9144
P. amilasas	-0,1381	-0,3794	0,5269	-0,1780	0,3301		0,5817	-0,2483
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		(12)	(12)
	0,6686	0,2239	0,0784	0,5800	0,2947		0,0473	0,4365
F. nitrógeno	-0,3040	-0,5573	0,9594	-0,0192	0,7258	0,5817		-0,0371
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)		(12)
	0,3367	0,0598	0,0000	0,9529	0,0075	0,0473		0,9090
AU	-0,2493	0,1376	-0,1384	0,4558	0,0348	-0,2483	-0,0371	
	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	
	0,4346	0,6698	0,6680	0,1364	0,9144	0,4365	0,9090	

Correlación

(Tamaño de Muestra)

Valor-P

Apéndice B. Morfología de las colonias bacterianas aisladas

Origen	Forma	Elevación	Margen	Color	Tono
1B 4%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 4%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 4%	Circular	Elevada	Entero	Blanca	Opaco
2B 0%	Puntiforme	Plana	Entero	Blanca	Opaco
F. nitrógeno 2%	Puntiforme	Plana	Entero	Blanca	Opaco
F. nitrógeno 6%	Circular	Plana	Ondulado	Amarilla	Mate
2B 2%	Circular	Plana	Ondulado	Rosada	Mate
2B 2%	Circular	Plana	Entero	Blanca	Opaco
2B 6%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
2B 6%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
2B 10%	Filamentosa	Convexa	Filamentoso	Blanca	Brillante
2B 10%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 2%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 2%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
2B 6%	Puntiforme	Plana	Entero	Blanca	Opaco
2B 6%	Filamentosa	Elevada	Filamentoso	Blanca	Opaco
2B 4%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 6%	Circular	Plana	Ondulado	Blanca	Opaco
1B 10%	Puntiforme	Plana	Entero	Blanca	Opaco
Control 6%	Filamentosa	Elevada	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 2%	Filamentosa	Elevada	Filamentoso	Blanca	Opaco
2B 8%	Filamentosa	Elevada	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 0%	Circular	Plana	Ondulado	Amarilla	Mate
2B 0%	Circular	Plana	Ondulado	Blanca	Opaco
1B 4%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
1B 4%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco
2B 6%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Roja	Mate
2B 4%	Filamentosa	Plana	Filamentoso	Blanca	Opaco

Apéndice C. Fotografía de algunas colonias de bacterias y hongos.



Figura C1. Colonia bacteriana Muestra 1B 6%



Figura C2. Colonia bacteriana Muestra 2B 4%



Figura C3. Bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas Muestra 2B 6%



Figura C4. Colonia bacterianas Muestra 2B 10%



Figura C5. Colonia bacteriana aislada Muestra 1B 8%

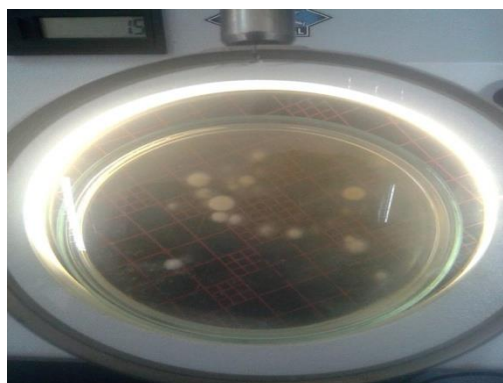


Figura C6. Colonia fúngica Muestra 2B 8%

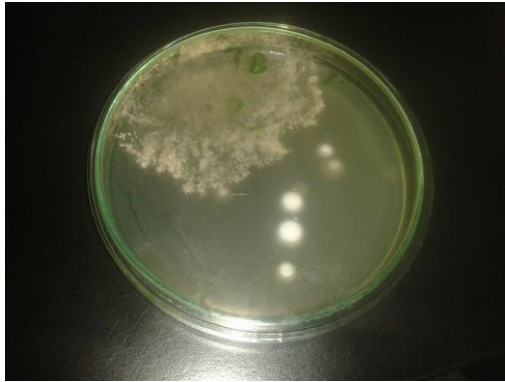


Figura C7. Colonias fúngicas Muestra 1B 4%

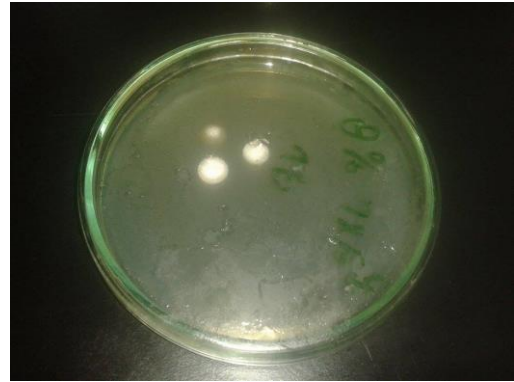


Figura C8. Colonia fúngica Muestra 1B 8%

Apéndice D. Microfotografía de algunas colonias de bacterias aisladas, tras la tinción de Gram.

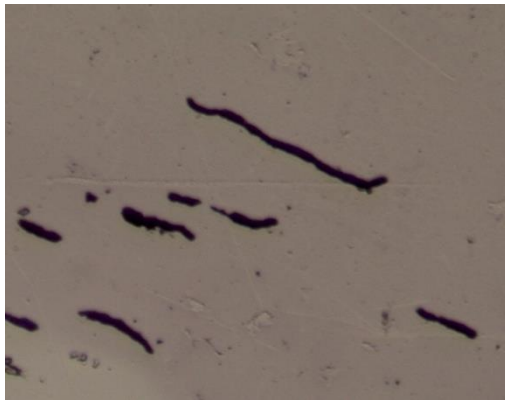


Figura D1. Muestra 1B 6%, bacilos Gram-positivos

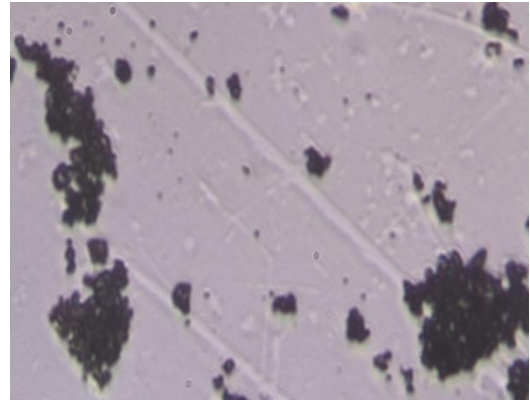


Figura D2. Muestra 1B 0%, cocos Gram-positivos

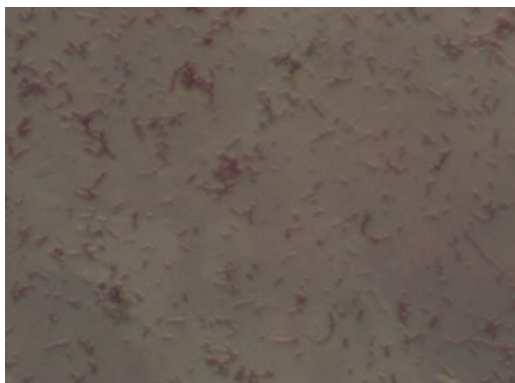


Figura D3. Muestra 2B 6%, bacilos Gram-negativos

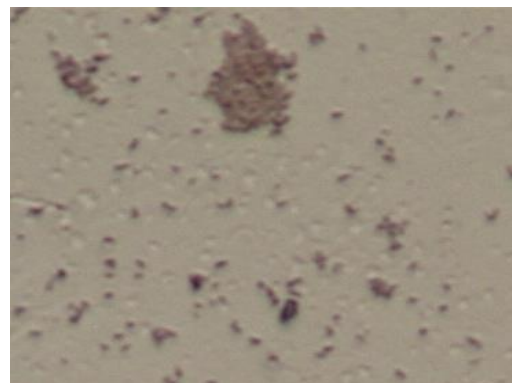


Figura D4. Muestra 1B 2%, cocos Gram-negativos



Figura D5. Muestra 2B 4%, bacilos Gram- positivo

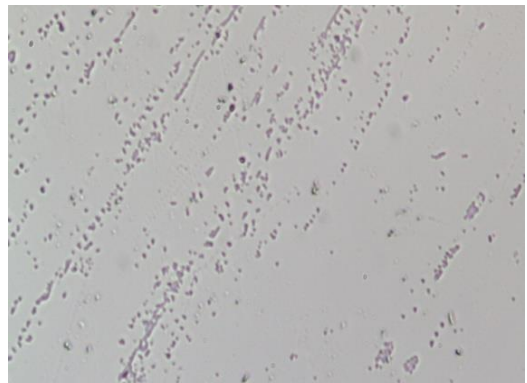


Figura D6. Muestra 1B 4%, cocos Gram-positivos

Apéndice E. Fotografía de algunas colonias fúngicas aisladas.

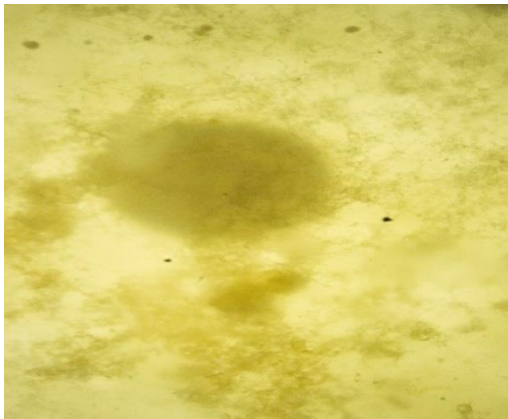


Figura E1. Muestra 1B 10%, hongos Penicillium

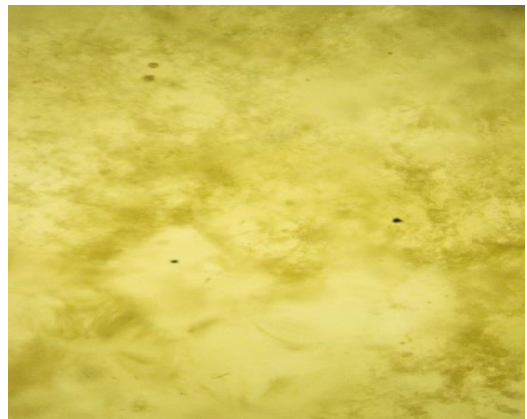


Figura E2. Muestra 2B 6%, hongos Penicillium

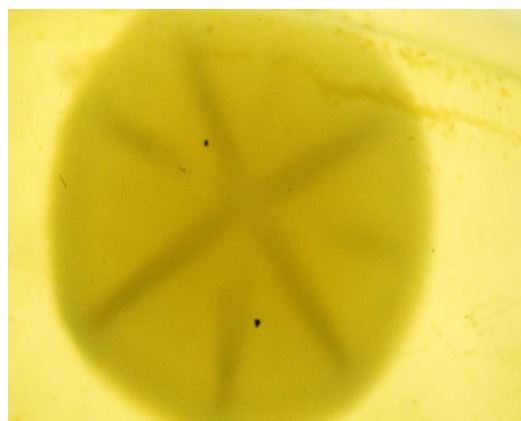


Figura E3. Muestra 2B 10%, hongos Aspergillus



Figura E4. Muestra 1B 8%, hongos Aspergillus

Apéndice F. Análisis estadístico de los resultados obtenidos luego del tratamiento de los suelos afectados por escoria metálica con lignito

• **Textura**

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
tex 0	2	0,975	0,00707107	0,725238%	0,97	0,98
tex 0d	2	0,975	0,00707107	0,725238%	0,97	0,98
tex 2	2	0,98	0	0%	0,98	0,98
tex 2d	2	0,985	0	0%	0,985	0,985
tex 4	2	0,9875	0,00353553	0,358029%	0,985	0,99
tex 4d	2	0,99	0	0%	0,99	0,99
tex 6	2	0,99	0	0%	0,99	0,99
tex 6d	2	0,99	0	0%	0,99	0,99
tex 8	2	0,99	0	0%	0,99	0,99
tex 8d	2	0,99	0	0%	0,99	0,99
tex 10	2	0,995	0,00707107	0,71066%	0,99	1,0
tex 10d	2	0,995	0,00707107	0,71066%	0,99	1,0
Total	24	0,986875	0,0073444	0,744208%	0,97	1,0

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	0,00102813	11	0,0000934659	5,28	0,0039
Intra grupos	0,0002125	12	0,0000177083		
Total (Corr.)	0,00124063	23			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
tex 0d	2	0,975	X
tex 0	2	0,975	X
tex 2	2	0,98	XX
tex 2d	2	0,985	XX
tex 4	2	0,9875	XXX
tex 6	2	0,99	XX
tex 4d	2	0,99	XX
tex 8d	2	0,99	XX
tex 8	2	0,99	XX
tex 6d	2	0,99	XX
tex 10d	2	0,995	X
tex 10	2	0,995	X
<i>Contraste</i>		<i>Sig.</i>	<i>Diferencia +/- Límites</i>
tex 0 - tex 0d		0	0,00916874
tex 0 - tex 2		-0,005	0,00916874

tex 0 - tex 2d	*	-0,01	0,00916874
tex 0 - tex 4	*	-0,0125	0,00916874
tex 0 - tex 4d	*	-0,015	0,00916874
tex 0 - tex 6	*	-0,015	0,00916874
tex 0 - tex 6d	*	-0,015	0,00916874
tex 0 - tex 8	*	-0,015	0,00916874
tex 0 - tex 8d	*	-0,015	0,00916874
tex 0 - tex 10	*	-0,02	0,00916874
tex 0 - tex 10d	*	-0,02	0,00916874
tex 0d - tex 2		-0,005	0,00916874
tex 0d - tex 2d	*	-0,01	0,00916874
tex 0d - tex 4	*	-0,0125	0,00916874
tex 0d - tex 4d	*	-0,015	0,00916874
tex 0d - tex 6	*	-0,015	0,00916874
tex 0d - tex 6d	*	-0,015	0,00916874
tex 0d - tex 8	*	-0,015	0,00916874
tex 0d - tex 8d	*	-0,015	0,00916874
tex 0d - tex 10	*	-0,02	0,00916874
tex 0d - tex 10d	*	-0,02	0,00916874
tex 2 - tex 2d		-0,005	0,00916874
tex 2 - tex 4		-0,0075	0,00916874
tex 2 - tex 4d	*	-0,01	0,00916874
tex 2 - tex 6	*	-0,01	0,00916874
tex 2 - tex 6d	*	-0,01	0,00916874
tex 2 - tex 8	*	-0,01	0,00916874
tex 2 - tex 8d	*	-0,01	0,00916874
tex 2 - tex 10	*	-0,015	0,00916874
tex 2 - tex 10d	*	-0,015	0,00916874
tex 2d - tex 4		-0,0025	0,00916874
tex 2d - tex 4d		-0,005	0,00916874
tex 2d - tex 6		-0,005	0,00916874
tex 2d - tex 6d		-0,005	0,00916874
tex 2d - tex 8		-0,005	0,00916874
tex 2d - tex 8d		-0,005	0,00916874
tex 2d - tex 10	*	-0,01	0,00916874
tex 2d - tex 10d	*	-0,01	0,00916874
tex 4 - tex 4d		-0,0025	0,00916874
tex 4 - tex 6		-0,0025	0,00916874
tex 4 - tex 6d		-0,0025	0,00916874
tex 4 - tex 8		-0,0025	0,00916874
tex 4 - tex 8d		-0,0025	0,00916874
tex 4 - tex 10		-0,0075	0,00916874
tex 4 - tex 10d		-0,0075	0,00916874
tex 4d - tex 6		0	0,00916874
tex 4d - tex 6d		0	0,00916874

tex 4d - tex 8		0	0,00916874
tex 4d - tex 8d		0	0,00916874
tex 4d - tex 10		-0,005	0,00916874
tex 4d - tex 10d		-0,005	0,00916874
tex 6 - tex 6d		0	0,00916874
tex 6 - tex 8		0	0,00916874
tex 6 - tex 8d		0	0,00916874
tex 6 - tex 10		-0,005	0,00916874
tex 6 - tex 10d		-0,005	0,00916874
tex 6d - tex 8		0	0,00916874
tex 6d - tex 8d		0	0,00916874
tex 6d - tex 10		-0,005	0,00916874
tex 6d - tex 10d		-0,005	0,00916874
tex 8 - tex 8d		0	0,00916874
tex 8 - tex 10		-0,005	0,00916874
tex 8 - tex 10d		-0,005	0,00916874
tex 8d - tex 10		-0,005	0,00916874
tex 8d - tex 10d		-0,005	0,00916874
tex 10 - tex 10d		0	0,00916874

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- **Humedad**

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
humedad 0	4	2,41757	0,0344399	1,42457%	2,3698	2,4512
humedad 0d	4	2,52025	0,0957177	3,79794%	2,4475	2,6507
humedad 2	4	2,7955	0,0877224	3,13799%	2,6685	2,8655
humedad 2d	4	2,65335	0,0840589	3,16803%	2,5559	2,7594
humedad 4	4	2,97917	0,131125	4,4014%	2,7948	3,0982
humedad 4d	4	3,2501	0,206497	6,35356%	3,0199	3,5043
humedad 6	4	3,46052	0,323557	9,34994%	3,0536	3,8021
humedad 6d	4	3,2929	0,169389	5,14406%	3,1325	3,4485
humedad 8	4	3,57008	0,21062	5,8996%	3,3019	3,7858

humedad 8d	4	3,1007	1,13481	36,5985%	1,5046	4,1757
humedad 10	4	3,64558	0,294247	8,07134%	3,3496	4,052
humedad 10d	4	3,3026	0,0922786	2,79412%	3,2018	3,4057
Total	48	3,08236	0,512687	16,6329%	1,5046	4,1757

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,41714	11	0,674285	4,92	0,0001
Intra grupos	4,93672	36	0,137131		
Total (Corr.)	12,3539	47			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

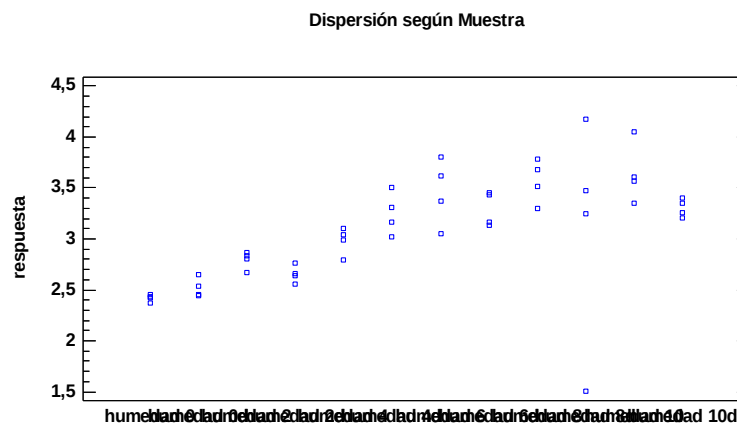
	Casos	Media	Grupos Homogéneos
humedad 0	4	2,41757	X
humedad 0d	4	2,52025	XX
humedad 2d	4	2,65335	XXX
humedad 2	4	2,7955	XXXX
humedad 4	4	2,97917	XXXX
humedad 8d	4	3,1007	XXXX
humedad 4d	4	3,2501	XXXX
humedad 6d	4	3,2929	XXXX
humedad 10d	4	3,3026	XXXX
humedad 6	4	3,46052	XXX
humedad 8	4	3,57008	XX
humedad 10	4	3,64558	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
humedad 0 - humedad 0d		-0,102675	0,531058
humedad 0 - humedad 2		-0,377925	0,531058
humedad 0 - humedad 2d		-0,235775	0,531058
humedad 0 - humedad 4	*	-0,5616	0,531058
humedad 0 - humedad 4d	*	-0,832525	0,531058
humedad 0 - humedad 6	*	-1,04295	0,531058
humedad 0 - humedad 6d	*	-0,875325	0,531058
humedad 0 - humedad 8	*	-1,1525	0,531058
humedad 0 - humedad 8d	*	-0,683125	0,531058
humedad 0 - humedad 10	*	-1,228	0,531058
humedad 0 - humedad 10d	*	-0,885025	0,531058
humedad 0d - humedad 2		-0,27525	0,531058
humedad 0d - humedad 2d		-0,1331	0,531058
humedad 0d - humedad 4		-0,458925	0,531058
humedad 0d - humedad 4d	*	-0,72985	0,531058
humedad 0d - humedad 6	*	-0,940275	0,531058

humedad 0d - humedad 6d	*	-0,77265	0,531058
humedad 0d - humedad 8	*	-1,04983	0,531058
humedad 0d - humedad 8d	*	-0,58045	0,531058
humedad 0d - humedad 10	*	-1,12533	0,531058
humedad 0d - humedad 10d	*	-0,78235	0,531058
humedad 2 - humedad 2d		0,14215	0,531058
humedad 2 - humedad 4		-0,183675	0,531058
humedad 2 - humedad 4d		-0,4546	0,531058
humedad 2 - humedad 6	*	-0,665025	0,531058
humedad 2 - humedad 6d		-0,4974	0,531058
humedad 2 - humedad 8	*	-0,774575	0,531058
humedad 2 - humedad 8d		-0,3052	0,531058
humedad 2 - humedad 10	*	-0,850075	0,531058
humedad 2 - humedad 10d		-0,5071	0,531058
humedad 2d - humedad 4		-0,325825	0,531058
humedad 2d - humedad 4d	*	-0,59675	0,531058
humedad 2d - humedad 6	*	-0,807175	0,531058
humedad 2d - humedad 6d	*	-0,63955	0,531058
humedad 2d - humedad 8	*	-0,916725	0,531058
humedad 2d - humedad 8d		-0,44735	0,531058
humedad 2d - humedad 10	*	-0,992225	0,531058
humedad 2d - humedad 10d	*	-0,64925	0,531058
humedad 4 - humedad 4d		-0,270925	0,531058
humedad 4 - humedad 6		-0,48135	0,531058
humedad 4 - humedad 6d		-0,313725	0,531058
humedad 4 - humedad 8	*	-0,5909	0,531058
humedad 4 - humedad 8d		-0,121525	0,531058
humedad 4 - humedad 10	*	-0,6664	0,531058
humedad 4 - humedad 10d		-0,323425	0,531058
humedad 4d - humedad 6		-0,210425	0,531058
humedad 4d - humedad 6d		-0,0428	0,531058
humedad 4d - humedad 8		-0,319975	0,531058
humedad 4d - humedad 8d		0,1494	0,531058
humedad 4d - humedad 10		-0,395475	0,531058
humedad 4d - humedad 10d		-0,0525	0,531058
humedad 6 - humedad 6d		0,167625	0,531058
humedad 6 - humedad 8		-0,10955	0,531058
humedad 6 - humedad 8d		0,359825	0,531058
humedad 6 - humedad 10		-0,18505	0,531058
humedad 6 - humedad 10d		0,157925	0,531058
humedad 6d - humedad 8		-0,277175	0,531058
humedad 6d - humedad 8d		0,1922	0,531058
humedad 6d - humedad 10		-0,352675	0,531058
humedad 6d - humedad 10d		-0,0097	0,531058
humedad 8 - humedad 8d		0,469375	0,531058

humedad 8 - humedad 10		-0,0755	0,531058
humedad 8 - humedad 10d		0,267475	0,531058
humedad 8d - humedad 10	*	-0,544875	0,531058
humedad 8d - humedad 10d		-0,2019	0,531058
humedad 10 - humedad 10d		0,342975	0,531058

* indica una diferencia significativa.



- **Retención de humedad**

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
re_humedad 0	2	71,3286	1,41047	1,97742%	70,3313	72,326
re_humedad 0d	2	69,9863	6,66328	9,52083%	65,2747	74,698
re_humedad 2	2	62,64	0	0%	62,64	62,64
re_humedad 2d	2	57,4579	3,86292	6,72305%	54,7264	60,1894
re_humedad 4	2	55,8546	4,34637	7,78158%	52,7813	58,928
re_humedad 4d	2	50,5807	5,92605	11,716%	46,3903	54,771
re_humedad 6	2	52,5768	0,707107	1,3449%	52,0768	53,0768
re_humedad 6d	2	44,153	1,83713	4,16084%	42,8539	45,452
re_humedad 8	2	48,1048	2,12132	4,40979%	46,6048	49,6048
re_humedad 8d	2	41,8539	1,41421	3,37893%	40,8539	42,8539
re_humedad 10	2	43,8222	3,34235	7,62708%	41,4588	46,1856
re_humedad 10d	2	40,3491	1,41421	3,50494%	39,3491	41,3491
Total	24	53,2257	10,5954	19,9066%	39,3491	74,698

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2443,19	11	222,108	19,19	0,0000
Intra grupos	138,866	12	11,5722		
Total (Corr.)	2582,06	23			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

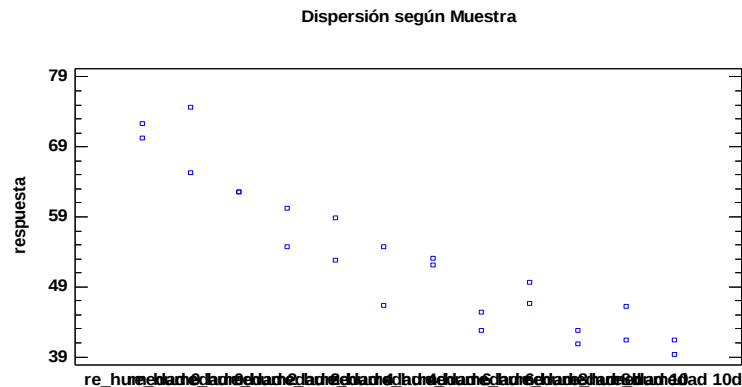
Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
re_humedad 10d	2	40,3491	X
re_humedad 8d	2	41,8539	XX
re_humedad 10	2	43,8222	XXX
re_humedad 6d	2	44,153	XXX
re_humedad 8	2	48,1048	XXX
re_humedad 4d	2	50,5807	XXX
re_humedad 6	2	52,5768	XX
re_humedad 4	2	55,8546	XX
re_humedad 2d	2	57,4579	XX
re_humedad 2	2	62,64	XX
re_humedad 0d	2	69,9863	XX
re_humedad 0	2	71,3286	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
re_humedad 0 - re_humedad 0d		1,3423	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 2	*	8,68865	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 2d	*	13,8708	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 4	*	15,474	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 4d	*	20,748	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 6	*	18,7518	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 6d	*	27,1757	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 8	*	23,2238	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 8d	*	29,4747	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 10	*	27,5065	7,41189
re_humedad 0 - re_humedad 10d	*	30,9795	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 2		7,34635	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 2d	*	12,5284	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 4	*	14,1317	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 4d	*	19,4057	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 6	*	17,4095	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 6d	*	25,8334	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 8	*	21,8815	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 8d	*	28,1324	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 10	*	26,1641	7,41189
re_humedad 0d - re_humedad 10d	*	29,6372	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 2d		5,1821	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 4		6,78535	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 4d	*	12,0593	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 6	*	10,0632	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 6d	*	18,487	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 8	*	14,5352	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 8d	*	20,7861	7,41189
re_humedad 2 - re_humedad 10	*	18,8178	7,41189

re_humedad 2 - re_humedad 10d	*	22,2909	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 4		1,60325	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 4d		6,87725	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 6		4,8811	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 6d	*	13,3049	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 8	*	9,3531	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 8d	*	15,604	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 10	*	13,6357	7,41189
re_humedad 2d - re_humedad 10d	*	17,1088	7,41189
re_humedad 4 - re_humedad 4d		5,274	7,41189
re_humedad 4 - re_humedad 6		3,27785	7,41189
re_humedad 4 - re_humedad 6d	*	11,7017	7,41189
re_humedad 4 - re_humedad 8	*	7,74985	7,41189
re_humedad 4 - re_humedad 8d	*	14,0007	7,41189
re_humedad 4 - re_humedad 10	*	12,0325	7,41189
re_humedad 4 - re_humedad 10d	*	15,5055	7,41189
re_humedad 4d - re_humedad 6		-1,99615	7,41189
re_humedad 4d - re_humedad 6d		6,4277	7,41189
re_humedad 4d - re_humedad 8		2,47585	7,41189
re_humedad 4d - re_humedad 8d	*	8,72675	7,41189
re_humedad 4d - re_humedad 10		6,75845	7,41189
re_humedad 4d - re_humedad 10d	*	10,2316	7,41189
re_humedad 6 - re_humedad 6d	*	8,42385	7,41189
re_humedad 6 - re_humedad 8		4,472	7,41189
re_humedad 6 - re_humedad 8d	*	10,7229	7,41189
re_humedad 6 - re_humedad 10	*	8,7546	7,41189
re_humedad 6 - re_humedad 10d	*	12,2277	7,41189
re_humedad 6d - re_humedad 8		-3,95185	7,41189
re_humedad 6d - re_humedad 8d		2,29905	7,41189
re_humedad 6d - re_humedad 10		0,33075	7,41189
re_humedad 6d - re_humedad 10d		3,80385	7,41189
re_humedad 8 - re_humedad 8d		6,2509	7,41189
re_humedad 8 - re_humedad 10		4,2826	7,41189
re_humedad 8 - re_humedad 10d	*	7,7557	7,41189
re_humedad 8d - re_humedad 10		-1,9683	7,41189
re_humedad 8d - re_humedad 10d		1,5048	7,41189
re_humedad 10 - re_humedad 10d		3,4731	7,41189

* indica una diferencia significativa.



- **pH**

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
ph 0	6	10,41	0,0513809	0,493573%	10,33	10,49
ph 0d	6	6,88833	0,123841	1,79784%	6,76	7,03
ph 2	6	9,19333	0,152796	1,66203%	9,0	9,39
ph 2d	6	5,505	0,33447	6,07574%	5,15	5,9
ph 4	6	8,05	0,531263	6,59954%	7,27	8,72
ph 4d	6	4,73667	0,216487	4,57045%	4,49	5,04
ph 6	4	7,305	0,0369685	0,506071%	7,26	7,35
ph 6d	6	7,095	0,104642	1,47487%	6,94	7,25
ph 8	6	6,74	0,1249	1,85312%	6,6	6,93
ph 8d	6	4,74667	0,112546	2,37106%	4,63	4,89
ph 10	4	6,545	0,0953939	1,45751%	6,44	6,64
ph 10d	4	4,605	0,0640312	1,39047%	4,55	4,67
Total	66	6,87894	1,78119	25,8934%	4,49	10,49

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	203,571	11	18,5064	376,93	0,0000
Intra grupos	2,65128	54	0,0490978		
Total (Corr.)	206,222	65			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
ph 10d	4	4,605	X
ph 4d	6	4,73667	X
ph 8d	6	4,74667	X
ph 2d	6	5,505	X
ph 10	4	6,545	X
ph 8	6	6,74	XX

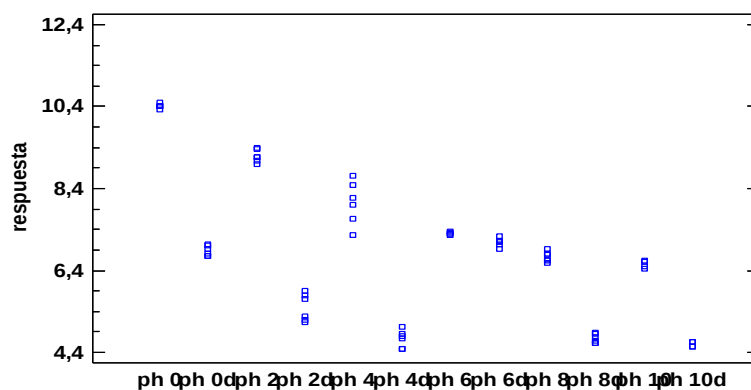
ph 0d	6	6,88833	XX
ph 6d	6	7,095	XX
ph 6	4	7,305	X
ph 4	6	8,05	X
ph 2	6	9,19333	X
ph 0	6	10,41	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
ph 0 - ph 0d	*	3,52167	0,256484
ph 0 - ph 2	*	1,21667	0,256484
ph 0 - ph 2d	*	4,905	0,256484
ph 0 - ph 4	*	2,36	0,256484
ph 0 - ph 4d	*	5,67333	0,256484
ph 0 - ph 6	*	3,105	0,286757
ph 0 - ph 6d	*	3,315	0,256484
ph 0 - ph 8	*	3,67	0,256484
ph 0 - ph 8d	*	5,66333	0,256484
ph 0 - ph 10	*	3,865	0,286757
ph 0 - ph 10d	*	5,805	0,286757
ph 0d - ph 2	*	-2,305	0,256484
ph 0d - ph 2d	*	1,38333	0,256484
ph 0d - ph 4	*	-1,16167	0,256484
ph 0d - ph 4d	*	2,15167	0,256484
ph 0d - ph 6	*	-0,416667	0,286757
ph 0d - ph 6d		-0,206667	0,256484
ph 0d - ph 8		0,148333	0,256484
ph 0d - ph 8d	*	2,14167	0,256484
ph 0d - ph 10	*	0,343333	0,286757
ph 0d - ph 10d	*	2,28333	0,286757
ph 2 - ph 2d	*	3,68833	0,256484
ph 2 - ph 4	*	1,14333	0,256484
ph 2 - ph 4d	*	4,45667	0,256484
ph 2 - ph 6	*	1,88833	0,286757
ph 2 - ph 6d	*	2,09833	0,256484
ph 2 - ph 8	*	2,45333	0,256484
ph 2 - ph 8d	*	4,44667	0,256484
ph 2 - ph 10	*	2,64833	0,286757
ph 2 - ph 10d	*	4,58833	0,286757
ph 2d - ph 4	*	-2,545	0,256484
ph 2d - ph 4d	*	0,768333	0,256484
ph 2d - ph 6	*	-1,8	0,286757
ph 2d - ph 6d	*	-1,59	0,256484
ph 2d - ph 8	*	-1,235	0,256484
ph 2d - ph 8d	*	0,758333	0,256484
ph 2d - ph 10	*	-1,04	0,286757

ph 2d - ph 10d	*	0,9	0,286757
ph 4 - ph 4d	*	3,31333	0,256484
ph 4 - ph 6	*	0,745	0,286757
ph 4 - ph 6d	*	0,955	0,256484
ph 4 - ph 8	*	1,31	0,256484
ph 4 - ph 8d	*	3,30333	0,256484
ph 4 - ph 10	*	1,505	0,286757
ph 4 - ph 10d	*	3,445	0,286757
ph 4d - ph 6	*	-2,56833	0,286757
ph 4d - ph 6d	*	-2,35833	0,256484
ph 4d - ph 8	*	-2,00333	0,256484
ph 4d - ph 8d		-0,01	0,256484
ph 4d - ph 10	*	-1,80833	0,286757
ph 4d - ph 10d		0,131667	0,286757
ph 6 - ph 6d		0,21	0,286757
ph 6 - ph 8	*	0,565	0,286757
ph 6 - ph 8d	*	2,55833	0,286757
ph 6 - ph 10	*	0,76	0,314127
ph 6 - ph 10d	*	2,7	0,314127
ph 6d - ph 8	*	0,355	0,256484
ph 6d - ph 8d	*	2,34833	0,256484
ph 6d - ph 10	*	0,55	0,286757
ph 6d - ph 10d	*	2,49	0,286757
ph 8 - ph 8d	*	1,99333	0,256484
ph 8 - ph 10		0,195	0,286757
ph 8 - ph 10d	*	2,135	0,286757
ph 8d - ph 10	*	-1,79833	0,286757
ph 8d - ph 10d		0,141667	0,286757
ph 10 - ph 10d	*	1,94	0,314127

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



• Conductividad

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
con 0	6	12,8833	1,90832	14,8123%	10,9	15,2
con 0d	6	84,7667	10,4899	12,3751%	66,7	97,2
con 2	6	11,1	0,379473	3,41868%	10,8	11,8
con 2d	6	81,8	11,581	14,1577%	71,5	104,0
con 4	6	12,8	3,43628	26,8459%	10,1	18,8
con 4d	6	123,6	19,8294	16,0432%	95,5	141,2
con 6	6	12,05	2,90981	24,1478%	9,3	17,4
con 6d	6	94,9667	13,6007	14,3215%	81,8	119,8
con 8	6	12,9833	3,66738	28,2468%	10,1	19,3
con 8d	6	104,6	10,9311	10,4503%	91,5	121,6
con 10	6	12,4833	1,76115	14,1081%	10,4	15,2
con 10d	6	114,617	14,0305	12,2412%	102,0	134,8
Total	72	56,5542	46,6711	82,5246%	9,3	141,2

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	148755,	11	13523,2	137,61	0,0000
Intra grupos	5896,47	60	98,2746		
Total (Corr.)	154652,	71			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
con 2	6	11,1	X
con 6	6	12,05	X
con 10	6	12,4833	X
con 4	6	12,8	X
con 0	6	12,8833	X
con 8	6	12,9833	X
con 2d	6	81,8	X
con 0d	6	84,7667	XX
con 6d	6	94,9667	XX
con 8d	6	104,6	XX
con 10d	6	114,617	XX
con 4d	6	123,6	X

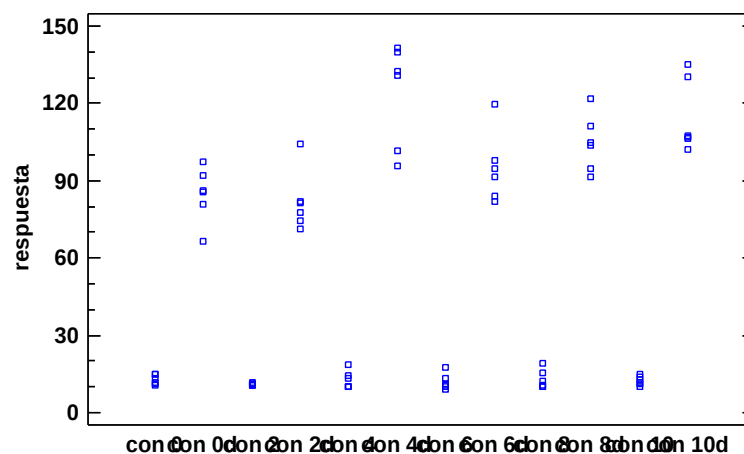
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
con 0 - con 0d	*	-71,8833	11,4487
con 0 - con 2		1,78333	11,4487
con 0 - con 2d	*	-68,9167	11,4487
con 0 - con 4		0,0833333	11,4487
con 0 - con 4d	*	-110,717	11,4487

con 0 - con 6		0,833333	11,4487
con 0 - con 6d	*	-82,0833	11,4487
con 0 - con 8		-0,1	11,4487
con 0 - con 8d	*	-91,7167	11,4487
con 0 - con 10		0,4	11,4487
con 0 - con 10d	*	-101,733	11,4487
con 0d - con 2	*	73,6667	11,4487
con 0d - con 2d		2,96667	11,4487
con 0d - con 4	*	71,9667	11,4487
con 0d - con 4d	*	-38,8333	11,4487
con 0d - con 6	*	72,7167	11,4487
con 0d - con 6d		-10,2	11,4487
con 0d - con 8	*	71,7833	11,4487
con 0d - con 8d	*	-19,8333	11,4487
con 0d - con 10	*	72,2833	11,4487
con 0d - con 10d	*	-29,85	11,4487
con 2 - con 2d	*	-70,7	11,4487
con 2 - con 4		-1,7	11,4487
con 2 - con 4d	*	-112,5	11,4487
con 2 - con 6		-0,95	11,4487
con 2 - con 6d	*	-83,8667	11,4487
con 2 - con 8		-1,88333	11,4487
con 2 - con 8d	*	-93,5	11,4487
con 2 - con 10		-1,38333	11,4487
con 2 - con 10d	*	-103,517	11,4487
con 2d - con 4	*	69,0	11,4487
con 2d - con 4d	*	-41,8	11,4487
con 2d - con 6	*	69,75	11,4487
con 2d - con 6d	*	-13,1667	11,4487
con 2d - con 8	*	68,8167	11,4487
con 2d - con 8d	*	-22,8	11,4487
con 2d - con 10	*	69,3167	11,4487
con 2d - con 10d	*	-32,8167	11,4487
con 4 - con 4d	*	-110,8	11,4487
con 4 - con 6		0,75	11,4487
con 4 - con 6d	*	-82,1667	11,4487
con 4 - con 8		-0,183333	11,4487
con 4 - con 8d	*	-91,8	11,4487
con 4 - con 10		0,316667	11,4487
con 4 - con 10d	*	-101,817	11,4487
con 4d - con 6	*	111,55	11,4487
con 4d - con 6d	*	28,6333	11,4487
con 4d - con 8	*	110,617	11,4487
con 4d - con 8d	*	19,0	11,4487
con 4d - con 10	*	111,117	11,4487

con 4d - con 10d		8,98333	11,4487
con 6 - con 6d	*	-82,9167	11,4487
con 6 - con 8		-0,933333	11,4487
con 6 - con 8d	*	-92,55	11,4487
con 6 - con 10		-0,433333	11,4487
con 6 - con 10d	*	-102,567	11,4487
con 6d - con 8	*	81,9833	11,4487
con 6d - con 8d		-9,63333	11,4487
con 6d - con 10	*	82,4833	11,4487
con 6d - con 10d	*	-19,65	11,4487
con 8 - con 8d	*	-91,6167	11,4487
con 8 - con 10		0,5	11,4487
con 8 - con 10d	*	-101,633	11,4487
con 8d - con 10	*	92,1167	11,4487
con 8d - con 10d		-10,0167	11,4487
con 10 - con 10d	*	-102,133	11,4487

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- CIC

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
CIC 0	2	23,7099	1,08732	4,58591%	22,9411	24,4788
CIC 0d	2	31,8025	1,50791	4,74147%	30,7362	32,8687
CIC 2	2	29,0373	3,145	10,8309%	26,8134	31,2611
CIC 2d	2	35,046	0,11441	0,326456%	34,9651	35,1269
CIC 4	2	35,5832	0,558897	1,57068%	35,188	35,9784
CIC 4d	2	37,436	1,67895	4,48487%	36,2488	38,6232
CIC 6	2	39,0442	0,986414	2,5264%	38,3467	39,7417
CIC 6d	2	49,097	1,16496	2,37277%	48,2732	49,9207
CIC 8	2	46,2622	1,16015	2,50777%	45,4419	47,0826

CIC 8d	2	43,5527	1,5258	3,50333%	42,4738	44,6316
CIC 10	2	39,5234	3,01539	7,62937%	37,3912	41,6556
CIC 10d	2	39,5712	5,30839	13,4148%	35,8176	43,3248
Total	24	37,4721	7,17781	19,1551%	22,9411	49,9207

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1125,21	11	102,292	20,54	0,0000
Intra grupos	59,7671	12	4,98059		
Total (Corr.)	1184,98	23			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CIC 0	2	23,7099	X
CIC 2	2	29,0373	X
CIC 0d	2	31,8025	XX
CIC 2d	2	35,046	XX
CIC 4	2	35,5832	XX
CIC 4d	2	37,436	X
CIC 6	2	39,0442	XX
CIC 10	2	39,5234	XX
CIC 10d	2	39,5712	XX
CIC 8d	2	43,5527	XX
CIC 8	2	46,2622	XX
CIC 6d	2	49,097	X

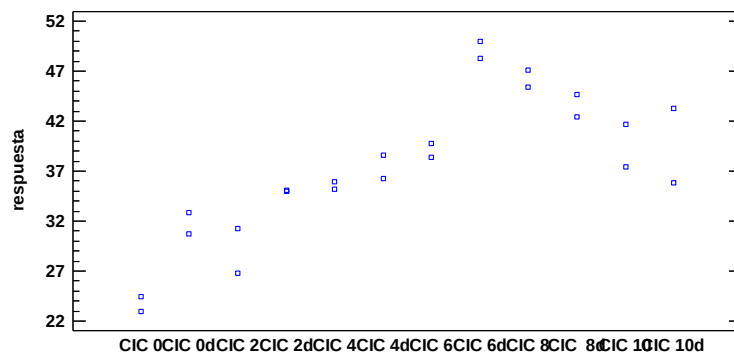
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CIC 0 - CIC 0d	*	-8,0925	4,86252
CIC 0 - CIC 2	*	-5,3273	4,86252
CIC 0 - CIC 2d	*	-11,3361	4,86252
CIC 0 - CIC 4	*	-11,8733	4,86252
CIC 0 - CIC 4d	*	-13,7261	4,86252
CIC 0 - CIC 6	*	-15,3343	4,86252
CIC 0 - CIC 6d	*	-25,387	4,86252
CIC 0 - CIC 8	*	-22,5523	4,86252
CIC 0 - CIC 8d	*	-19,8428	4,86252
CIC 0 - CIC 10	*	-15,8134	4,86252
CIC 0 - CIC 10d	*	-15,8613	4,86252
CIC 0d - CIC 2		2,7652	4,86252
CIC 0d - CIC 2d		-3,24355	4,86252
CIC 0d - CIC 4		-3,78075	4,86252
CIC 0d - CIC 4d	*	-5,63355	4,86252
CIC 0d - CIC 6	*	-7,24175	4,86252

CIC 0d - CIC 6d	*	-17,2945	4,86252
CIC 0d - CIC 8	*	-14,4598	4,86252
CIC 0d - CIC 8d	*	-11,7503	4,86252
CIC 0d - CIC 10	*	-7,72095	4,86252
CIC 0d - CIC 10d	*	-7,76875	4,86252
CIC 2 - CIC 2d	*	-6,00875	4,86252
CIC 2 - CIC 4	*	-6,54595	4,86252
CIC 2 - CIC 4d	*	-8,39875	4,86252
CIC 2 - CIC 6	*	-10,007	4,86252
CIC 2 - CIC 6d	*	-20,0597	4,86252
CIC 2 - CIC 8	*	-17,225	4,86252
CIC 2 - CIC 8d	*	-14,5155	4,86252
CIC 2 - CIC 10	*	-10,4861	4,86252
CIC 2 - CIC 10d	*	-10,534	4,86252
CIC 2d - CIC 4		-0,5372	4,86252
CIC 2d - CIC 4d		-2,39	4,86252
CIC 2d - CIC 6		-3,9982	4,86252
CIC 2d - CIC 6d	*	-14,051	4,86252
CIC 2d - CIC 8	*	-11,2162	4,86252
CIC 2d - CIC 8d	*	-8,5067	4,86252
CIC 2d - CIC 10		-4,4774	4,86252
CIC 2d - CIC 10d		-4,5252	4,86252
CIC 4 - CIC 4d		-1,8528	4,86252
CIC 4 - CIC 6		-3,461	4,86252
CIC 4 - CIC 6d	*	-13,5137	4,86252
CIC 4 - CIC 8	*	-10,679	4,86252
CIC 4 - CIC 8d	*	-7,9695	4,86252
CIC 4 - CIC 10		-3,9402	4,86252
CIC 4 - CIC 10d		-3,988	4,86252
CIC 4d - CIC 6		-1,6082	4,86252
CIC 4d - CIC 6d	*	-11,661	4,86252
CIC 4d - CIC 8	*	-8,82625	4,86252
CIC 4d - CIC 8d	*	-6,1167	4,86252
CIC 4d - CIC 10		-2,0874	4,86252
CIC 4d - CIC 10d		-2,1352	4,86252
CIC 6 - CIC 6d	*	-10,0527	4,86252
CIC 6 - CIC 8	*	-7,21805	4,86252
CIC 6 - CIC 8d		-4,5085	4,86252
CIC 6 - CIC 10		-0,4792	4,86252
CIC 6 - CIC 10d		-0,527	4,86252
CIC 6d - CIC 8		2,8347	4,86252
CIC 6d - CIC 8d	*	5,54425	4,86252
CIC 6d - CIC 10	*	9,57355	4,86252
CIC 6d - CIC 10d	*	9,52575	4,86252
CIC 8 - CIC 8d		2,70955	4,86252

CIC 8 - CIC 10	*	6,73885	4,86252
CIC 8 - CIC 10d	*	6,69105	4,86252
CIC 8d - CIC 10		4,0293	4,86252
CIC 8d - CIC 10d		3,9815	4,86252
CIC 10 - CIC 10d		-0,0478	4,86252

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- Bases intercambiables

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
BASES 0	18	0,334347	0,187087	55,9561%	0,08188	0,51184
BASES 0d	18	0,170722	0,0628772	36,8303%	0,12106	0,26618
BASES 2	18	0,409178	0,197647	48,3034%	0,14123	0,61434
BASES 2d	18	0,170343	0,0691094	40,5707%	0,08186	0,26581
BASES 4	18	0,456152	0,209169	45,8552%	0,1632	0,69524
BASES 4d	18	0,202179	0,0823462	40,7294%	0,07828	0,30713
BASES 6	18	0,427775	0,202251	47,2797%	0,14504	0,6423
BASES 6d	18	0,227168	0,0963877	42,4301%	0,10264	0,35046
BASES 8	18	0,374247	0,170691	45,6092%	0,13627	0,57096
BASES 8d	18	0,169637	0,069977	41,2511%	0,05877	0,26487
BASES 10	18	0,2801	0,16845	60,1391%	0,04018	0,42889
BASES 10d	18	0,169867	0,0626516	36,8828%	0,12026	0,26571
Total	216	0,282643	0,177047	62,6397%	0,04018	0,69524

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,49172	11	0,22652	10,88	0,0000
Intra grupos	4,24757	204	0,0208214		
Total (Corr.)	6,73929	215			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

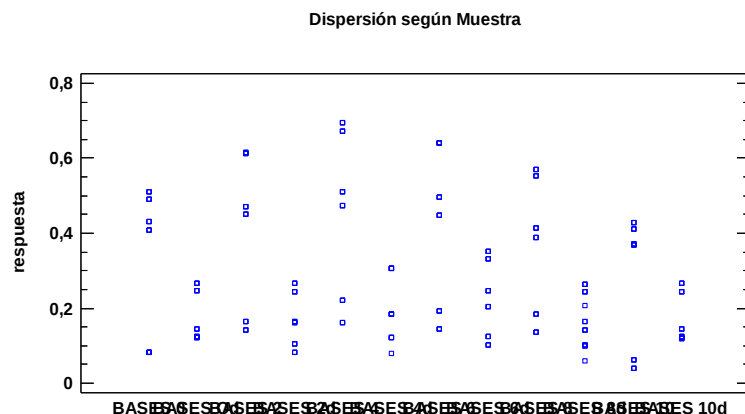
Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
BASES 8d	18	0,169637	X
BASES 10d	18	0,169867	X
BASES 2d	18	0,170343	X
BASES Od	18	0,170722	X
BASES 4d	18	0,202179	XX
BASES 6d	18	0,227168	XX
BASES 10	18	0,2801	XX
BASES 0	18	0,334347	XX
BASES 8	18	0,374247	XXX
BASES 2	18	0,409178	XX
BASES 6	18	0,427775	XX
BASES 4	18	0,456152	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
BASES 0 - BASES Od	*	0,163625	0,0948346
BASES 0 - BASES 2		-0,0748317	0,0948346
BASES 0 - BASES 2d	*	0,164003	0,0948346
BASES 0 - BASES 4	*	-0,121805	0,0948346
BASES 0 - BASES 4d	*	0,132168	0,0948346
BASES 0 - BASES 6		-0,0934283	0,0948346
BASES 0 - BASES 6d	*	0,107178	0,0948346
BASES 0 - BASES 8		-0,0399	0,0948346
BASES 0 - BASES 8d	*	0,16471	0,0948346
BASES 0 - BASES 10		0,0542467	0,0948346
BASES 0 - BASES 10d	*	0,16448	0,0948346
BASES Od - BASES 2	*	-0,238457	0,0948346
BASES Od - BASES 2d		0,000378333	0,0948346
BASES Od - BASES 4	*	-0,28543	0,0948346
BASES Od - BASES 4d		-0,0314572	0,0948346
BASES Od - BASES 6	*	-0,257053	0,0948346
BASES Od - BASES 6d		-0,0564467	0,0948346
BASES Od - BASES 8	*	-0,203525	0,0948346
BASES Od - BASES 8d		0,001085	0,0948346
BASES Od - BASES 10	*	-0,109378	0,0948346
BASES Od - BASES 10d		0,000855	0,0948346
BASES 2 - BASES 2d	*	0,238835	0,0948346
BASES 2 - BASES 4		-0,0469733	0,0948346
BASES 2 - BASES 4d	*	0,206999	0,0948346
BASES 2 - BASES 6		-0,0185967	0,0948346
BASES 2 - BASES 6d	*	0,18201	0,0948346
BASES 2 - BASES 8		0,0349317	0,0948346
BASES 2 - BASES 8d	*	0,239542	0,0948346
BASES 2 - BASES 10	*	0,129078	0,0948346
BASES 2 - BASES 10d	*	0,239312	0,0948346

BASES 2d - BASES 4	*	-0,285808	0,0948346
BASES 2d - BASES 4d		-0,0318356	0,0948346
BASES 2d - BASES 6	*	-0,257432	0,0948346
BASES 2d - BASES 6d		-0,056825	0,0948346
BASES 2d - BASES 8	*	-0,203903	0,0948346
BASES 2d - BASES 8d		0,000706667	0,0948346
BASES 2d - BASES 10	*	-0,109757	0,0948346
BASES 2d - BASES 10d		0,000476667	0,0948346
BASES 4 - BASES 4d	*	0,253973	0,0948346
BASES 4 - BASES 6		0,0283767	0,0948346
BASES 4 - BASES 6d	*	0,228983	0,0948346
BASES 4 - BASES 8		0,081905	0,0948346
BASES 4 - BASES 8d	*	0,286515	0,0948346
BASES 4 - BASES 10	*	0,176052	0,0948346
BASES 4 - BASES 10d	*	0,286285	0,0948346
BASES 4d - BASES 6	*	-0,225596	0,0948346
BASES 4d - BASES 6d		-0,0249894	0,0948346
BASES 4d - BASES 8	*	-0,172068	0,0948346
BASES 4d - BASES 8d		0,0325422	0,0948346
BASES 4d - BASES 10		-0,0779211	0,0948346
BASES 4d - BASES 10d		0,0323122	0,0948346
BASES 6 - BASES 6d	*	0,200607	0,0948346
BASES 6 - BASES 8		0,0535283	0,0948346
BASES 6 - BASES 8d	*	0,258138	0,0948346
BASES 6 - BASES 10	*	0,147675	0,0948346
BASES 6 - BASES 10d	*	0,257908	0,0948346
BASES 6d - BASES 8	*	-0,147078	0,0948346
BASES 6d - BASES 8d		0,0575317	0,0948346
BASES 6d - BASES 10		-0,0529317	0,0948346
BASES 6d - BASES 10d		0,0573017	0,0948346
BASES 8 - BASES 8d	*	0,20461	0,0948346
BASES 8 - BASES 10		0,0941467	0,0948346
BASES 8 - BASES 10d	*	0,20438	0,0948346
BASES 8d - BASES 10	*	-0,110463	0,0948346
BASES 8d - BASES 10d		-0,00023	0,0948346
BASES 10 - BASES 10d	*	0,110233	0,0948346

* indica una diferencia significativa.



- **Materia orgánica**

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
M.O 0	4	0,5693	0,0293356	5,15293%	0,5266	0,5933
M.O 0d	4	0,85405	0,341811	40,0223%	0,6288	1,363
M.O 2	4	1,7079	0,20381	11,9334%	1,4639	1,9416
M.O 2d	4	1,90857	0,352363	18,4621%	1,6118	2,3363
M.O 4	4	3,10338	0,562396	18,1221%	2,2744	3,5176
M.O 4d	4	5,20165	1,80175	34,638%	3,1468	7,5271
M.O 6	4	5,52987	2,26654	40,9871%	3,9356	8,8871
M.O 6d	4	5,20747	1,31224	25,1991%	3,5369	6,6872
M.O 8	4	7,395	2,75954	37,3163%	4,3144	10,5856
M.O 8d	4	4,47965	1,33674	29,8403%	3,2693	6,3742
M.O 10	4	8,3075	0,293414	3,53191%	8,0	8,7
M.O 10d	4	6,59265	0,313907	4,76146%	6,2697	7,0
Total	48	4,23808	2,75081	64,907%	0,5266	10,5856

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	294,773	11	26,7975	15,85	0,0000
Intra grupos	60,8752	36	1,69098		
Total (Corr.)	355,648	47			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
M.O 0	4	0,5693	X
M.O 0d	4	0,85405	X
M.O 2	4	1,7079	XX
M.O 2d	4	1,90857	XX

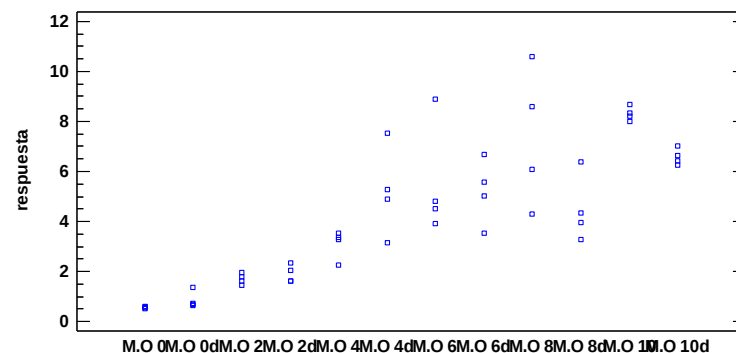
M.O 4	4	3,10338	XX
M.O 8d	4	4,47965	XX
M.O 4d	4	5,20165	XX
M.O 6d	4	5,20747	XX
M.O 6	4	5,52987	XX
M.O 10d	4	6,59265	XX
M.O 8	4	7,395	X
M.O 10	4	8,3075	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
M.O 0 - M.O 0d		-0,28475	1,86484
M.O 0 - M.O 2		-1,1386	1,86484
M.O 0 - M.O 2d		-1,33927	1,86484
M.O 0 - M.O 4	*	-2,53408	1,86484
M.O 0 - M.O 4d	*	-4,63235	1,86484
M.O 0 - M.O 6	*	-4,96057	1,86484
M.O 0 - M.O 6d	*	-4,63817	1,86484
M.O 0 - M.O 8	*	-6,8257	1,86484
M.O 0 - M.O 8d	*	-3,91035	1,86484
M.O 0 - M.O 10	*	-7,7382	1,86484
M.O 0 - M.O 10d	*	-6,02335	1,86484
M.O 0d - M.O 2		-0,85385	1,86484
M.O 0d - M.O 2d		-1,05452	1,86484
M.O 0d - M.O 4	*	-2,24933	1,86484
M.O 0d - M.O 4d	*	-4,3476	1,86484
M.O 0d - M.O 6	*	-4,67582	1,86484
M.O 0d - M.O 6d	*	-4,35342	1,86484
M.O 0d - M.O 8	*	-6,54095	1,86484
M.O 0d - M.O 8d	*	-3,6256	1,86484
M.O 0d - M.O 10	*	-7,45345	1,86484
M.O 0d - M.O 10d	*	-5,7386	1,86484
M.O 2 - M.O 2d		-0,200675	1,86484
M.O 2 - M.O 4		-1,39548	1,86484
M.O 2 - M.O 4d	*	-3,49375	1,86484
M.O 2 - M.O 6	*	-3,82197	1,86484
M.O 2 - M.O 6d	*	-3,49957	1,86484
M.O 2 - M.O 8	*	-5,6871	1,86484
M.O 2 - M.O 8d	*	-2,77175	1,86484
M.O 2 - M.O 10	*	-6,5996	1,86484
M.O 2 - M.O 10d	*	-4,88475	1,86484
M.O 2d - M.O 4		-1,1948	1,86484
M.O 2d - M.O 4d	*	-3,29308	1,86484
M.O 2d - M.O 6	*	-3,6213	1,86484
M.O 2d - M.O 6d	*	-3,2989	1,86484
M.O 2d - M.O 8	*	-5,48642	1,86484

M.O 2d - M.O 8d	*	-2,57108	1,86484
M.O 2d - M.O 10	*	-6,39893	1,86484
M.O 2d - M.O 10d	*	-4,68407	1,86484
M.O 4 - M.O 4d	*	-2,09827	1,86484
M.O 4 - M.O 6	*	-2,4265	1,86484
M.O 4 - M.O 6d	*	-2,1041	1,86484
M.O 4 - M.O 8	*	-4,29162	1,86484
M.O 4 - M.O 8d		-1,37628	1,86484
M.O 4 - M.O 10	*	-5,20413	1,86484
M.O 4 - M.O 10d	*	-3,48927	1,86484
M.O 4d - M.O 6		-0,328225	1,86484
M.O 4d - M.O 6d		-0,005825	1,86484
M.O 4d - M.O 8	*	-2,19335	1,86484
M.O 4d - M.O 8d		0,722	1,86484
M.O 4d - M.O 10	*	-3,10585	1,86484
M.O 4d - M.O 10d		-1,391	1,86484
M.O 6 - M.O 6d		0,3224	1,86484
M.O 6 - M.O 8	*	-1,86512	1,86484
M.O 6 - M.O 8d		1,05022	1,86484
M.O 6 - M.O 10	*	-2,77763	1,86484
M.O 6 - M.O 10d		-1,06277	1,86484
M.O 6d - M.O 8	*	-2,18752	1,86484
M.O 6d - M.O 8d		0,727825	1,86484
M.O 6d - M.O 10	*	-3,10003	1,86484
M.O 6d - M.O 10d		-1,38517	1,86484
M.O 8 - M.O 8d	*	2,91535	1,86484
M.O 8 - M.O 10		-0,9125	1,86484
M.O 8 - M.O 10d		0,80235	1,86484
M.O 8d - M.O 10	*	-3,82785	1,86484
M.O 8d - M.O 10d	*	-2,113	1,86484
M.O 10 - M.O 10d		1,71485	1,86484

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- Respiración basal

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
res 0	30	47,0555	43,1861	91,7769%	6,6	139,333
res 0d	30	37,84	44,483	117,555%	6,6	139,333
res 2	30	69,0556	73,9838	107,137%	11,0	249,333
res 2d	30	47,8928	55,3832	115,64%	11,0	183,333
res 4	30	82,7383	85,834	103,742%	13,2	293,333
res 4d	30	70,51	77,8454	110,403%	19,25	249,333
res 6	30	56,925	64,5842	113,455%	8,8	227,333
res 6d	30	163,649	197,103	120,442%	24,2	579,333
res 8	30	47,0433	55,3237	117,602%	8,8	183,333
res 8d	30	102,196	109,437	107,085%	19,8	359,333
res 10	30	38,4205	43,4872	113,187%	4,4	139,333
res 10d	30	64,3867	85,6475	133,021%	4,4	359,333
Total	360	68,9761	93,1021	134,977%	4,4	579,333

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	412015,	11	37455,9	4,83	0,0000
Intra grupos	2,6998E6	348	7758,04		
Total (Corr.)	3,11181E6	359			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
res 0d	30	37,84	X
res 10	30	38,4205	XX
res 8	30	47,0433	XX
res 0	30	47,0555	XX
res 2d	30	47,8928	XX
res 6	30	56,925	XX
res 10d	30	64,3867	XXX
res 2	30	69,0556	XXX
res 4d	30	70,51	XXX
res 4	30	82,7383	XX
res 8d	30	102,196	X
res 6d	30	163,649	X

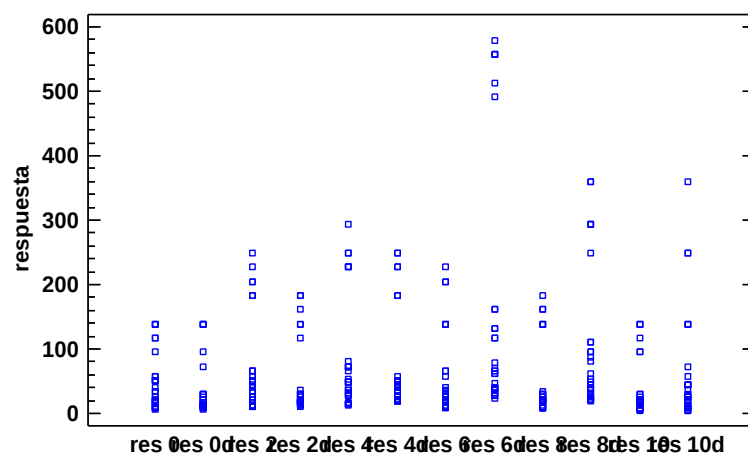
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
res 0 - res 0d		9,21556	44,7293
res 0 - res 2		-22,0	44,7293
res 0 - res 2d		-0,83722	44,7293
res 0 - res 4		-35,6828	44,7293

res 0 - res 4d		-23,4544	44,7293
res 0 - res 6		-9,86945	44,7293
res 0 - res 6d	*	-116,594	44,7293
res 0 - res 8		0,0122233	44,7293
res 0 - res 8d	*	-55,1406	44,7293
res 0 - res 10		8,635	44,7293
res 0 - res 10d		-17,3311	44,7293
res 0d - res 2		-31,2156	44,7293
res 0d - res 2d		-10,0528	44,7293
res 0d - res 4	*	-44,8983	44,7293
res 0d - res 4d		-32,67	44,7293
res 0d - res 6		-19,085	44,7293
res 0d - res 6d	*	-125,809	44,7293
res 0d - res 8		-9,20333	44,7293
res 0d - res 8d	*	-64,3561	44,7293
res 0d - res 10		-0,580557	44,7293
res 0d - res 10d		-26,5467	44,7293
res 2 - res 2d		21,1628	44,7293
res 2 - res 4		-13,6828	44,7293
res 2 - res 4d		-1,45444	44,7293
res 2 - res 6		12,1306	44,7293
res 2 - res 6d	*	-94,5939	44,7293
res 2 - res 8		22,0122	44,7293
res 2 - res 8d		-33,1406	44,7293
res 2 - res 10		30,635	44,7293
res 2 - res 10d		4,66889	44,7293
res 2d - res 4		-34,8456	44,7293
res 2d - res 4d		-22,6172	44,7293
res 2d - res 6		-9,03223	44,7293
res 2d - res 6d	*	-115,757	44,7293
res 2d - res 8		0,849443	44,7293
res 2d - res 8d	*	-54,3033	44,7293
res 2d - res 10		9,47222	44,7293
res 2d - res 10d		-16,4939	44,7293
res 4 - res 4d		12,2283	44,7293
res 4 - res 6		25,8133	44,7293
res 4 - res 6d	*	-80,9111	44,7293
res 4 - res 8		35,695	44,7293
res 4 - res 8d		-19,4578	44,7293
res 4 - res 10		44,3178	44,7293
res 4 - res 10d		18,3517	44,7293
res 4d - res 6		13,585	44,7293
res 4d - res 6d	*	-93,1394	44,7293
res 4d - res 8		23,4667	44,7293
res 4d - res 8d		-31,6861	44,7293

res 4d - res 10		32,0894	44,7293
res 4d - res 10d		6,12333	44,7293
res 6 - res 6d	*	-106,724	44,7293
res 6 - res 8		9,88167	44,7293
res 6 - res 8d	*	-45,2711	44,7293
res 6 - res 10		18,5044	44,7293
res 6 - res 10d		-7,46167	44,7293
res 6d - res 8	*	116,606	44,7293
res 6d - res 8d	*	61,4533	44,7293
res 6d - res 10	*	125,229	44,7293
res 6d - res 10d	*	99,2628	44,7293
res 8 - res 8d	*	-55,1528	44,7293
res 8 - res 10		8,62278	44,7293
res 8 - res 10d		-17,3433	44,7293
res 8d - res 10	*	63,7756	44,7293
res 8d - res 10d		37,8094	44,7293
res 10 - res 10d		-25,9661	44,7293

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



• Biomasa microbiana

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
ris 0	6	1591,29	63,1959	3,97137%	1509,7	1632,08	122,378
ris 0d	6	1632,08	63,1959	3,8721%	1550,5	1672,88	122,378
ris 2	6	2080,8	63,196	3,0371%	1999,22	2121,6	122,379
ris 2d	6	1938,03	49,9608	2,57792%	1917,63	2040,01	122,378
ris 4	6	2509,13	92,1231	3,67152%	2366,35	2611,11	244,757
ris 4d	6	2264,37	92,1231	4,06838%	2162,39	2407,15	244,757
ris 6	6	2080,8	63,196	3,0371%	1999,22	2121,6	122,379
ris 6d	6	2855,87	63,1959	2,21285%	2774,28	2896,66	122,378

ris 8	6	1897,24	120,321	6,34194%	1754,46	1999,22	244,757
ris 8d	6	1978,82	67,0294	3,38734%	1917,63	2040,01	122,378
ris 10	6	1407,72	49,9608	3,54905%	1387,33	1509,7	122,379
ris 10d	6	1550,5	77,3989	4,99188%	1428,12	1672,88	244,757
Total	72	1982,22	410,777	20,723%	1387,33	2896,66	1509,33

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,16459E7	11	1,05872E6	189,92	0,0000
Intra grupos	334475,	60	5574,58		
Total (Corr.)	1,19804E7	71			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
ris 10	6	1407,72	X
ris 10d	6	1550,5	X
ris 0	6	1591,29	X
ris 0d	6	1632,08	X
ris 8	6	1897,24	X
ris 2d	6	1938,03	X
ris 8d	6	1978,82	X
ris 6	6	2080,8	X
ris 2	6	2080,8	X
ris 4d	6	2264,37	X
ris 4	6	2509,13	X
ris 6d	6	2855,87	X

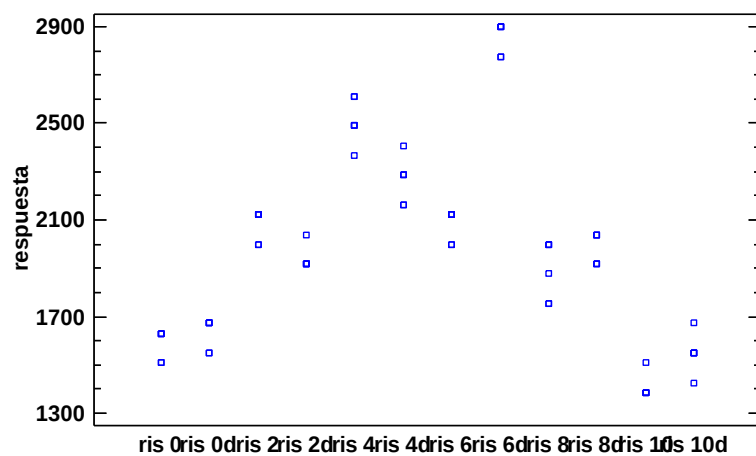
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
ris 0 - ris 0d		-40,7928	86,2265
ris 0 - ris 2	*	-489,514	86,2265
ris 0 - ris 2d	*	-346,739	86,2265
ris 0 - ris 4	*	-917,838	86,2265
ris 0 - ris 4d	*	-673,081	86,2265
ris 0 - ris 6	*	-489,514	86,2265
ris 0 - ris 6d	*	-1264,58	86,2265
ris 0 - ris 8	*	-305,946	86,2265
ris 0 - ris 8d	*	-387,532	86,2265
ris 0 - ris 10	*	183,568	86,2265
ris 0 - ris 10d		40,7928	86,2265
ris 0d - ris 2	*	-448,721	86,2265
ris 0d - ris 2d	*	-305,946	86,2265
ris 0d - ris 4	*	-877,045	86,2265
ris 0d - ris 4d	*	-632,289	86,2265

ris 0d - ris 6	*	-448,721	86,2265
ris 0d - ris 6d	*	-1223,78	86,2265
ris 0d - ris 8	*	-265,153	86,2265
ris 0d - ris 8d	*	-346,739	86,2265
ris 0d - ris 10	*	224,36	86,2265
ris 0d - ris 10d		81,5856	86,2265
ris 2 - ris 2d	*	142,775	86,2265
ris 2 - ris 4	*	-428,325	86,2265
ris 2 - ris 4d	*	-183,568	86,2265
ris 2 - ris 6		0	86,2265
ris 2 - ris 6d	*	-775,063	86,2265
ris 2 - ris 8	*	183,568	86,2265
ris 2 - ris 8d	*	101,982	86,2265
ris 2 - ris 10	*	673,081	86,2265
ris 2 - ris 10d	*	530,307	86,2265
ris 2d - ris 4	*	-571,099	86,2265
ris 2d - ris 4d	*	-326,343	86,2265
ris 2d - ris 6	*	-142,775	86,2265
ris 2d - ris 6d	*	-917,838	86,2265
ris 2d - ris 8		40,7928	86,2265
ris 2d - ris 8d		-40,7928	86,2265
ris 2d - ris 10	*	530,307	86,2265
ris 2d - ris 10d	*	387,532	86,2265
ris 4 - ris 4d	*	244,757	86,2265
ris 4 - ris 6	*	428,325	86,2265
ris 4 - ris 6d	*	-346,739	86,2265
ris 4 - ris 8	*	611,892	86,2265
ris 4 - ris 8d	*	530,307	86,2265
ris 4 - ris 10	*	1101,41	86,2265
ris 4 - ris 10d	*	958,631	86,2265
ris 4d - ris 6	*	183,568	86,2265
ris 4d - ris 6d	*	-591,496	86,2265
ris 4d - ris 8	*	367,135	86,2265
ris 4d - ris 8d	*	285,55	86,2265
ris 4d - ris 10	*	856,649	86,2265
ris 4d - ris 10d	*	713,874	86,2265
ris 6 - ris 6d	*	-775,063	86,2265
ris 6 - ris 8	*	183,568	86,2265
ris 6 - ris 8d	*	101,982	86,2265
ris 6 - ris 10	*	673,081	86,2265
ris 6 - ris 10d	*	530,307	86,2265
ris 6d - ris 8	*	958,631	86,2265
ris 6d - ris 8d	*	877,046	86,2265
ris 6d - ris 10	*	1448,14	86,2265
ris 6d - ris 10d	*	1305,37	86,2265

ris 8 - ris 8d		-81,5856	86,2265
ris 8 - ris 10	*	489,514	86,2265
ris 8 - ris 10d	*	346,739	86,2265
ris 8d - ris 10	*	571,099	86,2265
ris 8d - ris 10d	*	428,325	86,2265
ris 10 - ris 10d	*	-142,775	86,2265

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- Bacterias

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
bacterias 0	4	18,5	7,04746	38,0944%	11,0	28,0
bacterias 0d	4	33,5	28,7692	85,8782%	9,0	71,0
bacterias 2	4	19,75	10,6262	53,8037%	12,0	35,0
bacterias 2d	4	26,5	29,7602	112,302%	3,0	70,0
bacterias 4	4	25,25	22,6771	89,8102%	12,0	59,0
bacterias 4d	4	21,5	4,79583	22,3062%	17,0	28,0
bacterias 6	4	28,5	21,8098	76,5256%	12,0	60,0
bacterias 6d	4	26,75	20,8547	77,9613%	10,0	57,0
bacterias 8	4	20,5	10,4083	50,7723%	11,0	30,0
bacterias 8d	4	24,5	15,0886	61,5862%	10,0	42,0
bacterias 10	4	75,25	44,9991	59,7994%	10,0	112,0
bacterias 10d	4	48,0	16,0208	33,3767%	30,0	67,0
Total	48	30,7083	24,945	81,2321%	3,0	112,0

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11421,9	11	1038,36	2,10	0,6704
Intra grupos	17824,0	36	495,111		
Total (Corr.)	29245,9	47			

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

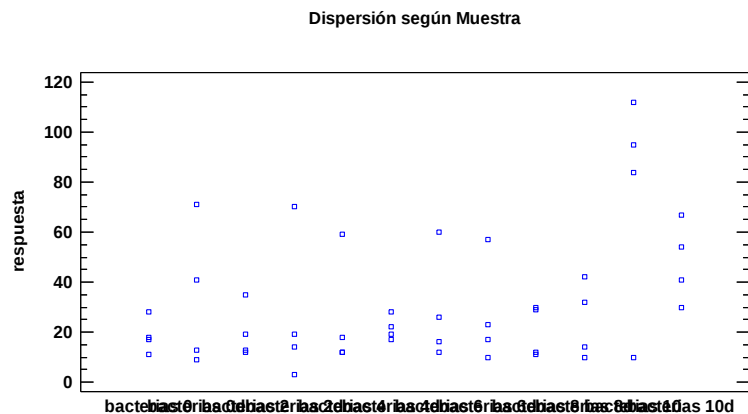
Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
bacterias 0	4	18,5	X
bacterias 2	4	19,75	X
bacterias 8	4	20,5	X
bacterias 4d	4	21,5	X
bacterias 8d	4	24,5	X
bacterias 4	4	25,25	X
bacterias 2d	4	26,5	X
bacterias 6d	4	26,75	X
bacterias 6	4	28,5	X
bacterias 0d	4	33,5	X
bacterias 10d	4	48,0	XX
bacterias 10	4	75,25	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
bacterias 0 - bacterias 0d		-15,0	31,9099
bacterias 0 - bacterias 2		-1,25	31,9099
bacterias 0 - bacterias 2d		-8,0	31,9099
bacterias 0 - bacterias 4		-6,75	31,9099
bacterias 0 - bacterias 4d		-3,0	31,9099
bacterias 0 - bacterias 6		-10,0	31,9099
bacterias 0 - bacterias 6d		-8,25	31,9099
bacterias 0 - bacterias 8		-2,0	31,9099
bacterias 0 - bacterias 8d		-6,0	31,9099
bacterias 0 - bacterias 10	*	-56,75	31,9099
bacterias 0 - bacterias 10d		-29,5	31,9099
bacterias 0d - bacterias 2		13,75	31,9099
bacterias 0d - bacterias 2d		7,0	31,9099
bacterias 0d - bacterias 4		8,25	31,9099
bacterias 0d - bacterias 4d		12,0	31,9099
bacterias 0d - bacterias 6		5,0	31,9099
bacterias 0d - bacterias 6d		6,75	31,9099
bacterias 0d - bacterias 8		13,0	31,9099
bacterias 0d - bacterias 8d		9,0	31,9099
bacterias 0d - bacterias 10	*	-41,75	31,9099
bacterias 0d - bacterias 10d		-14,5	31,9099
bacterias 2 - bacterias 2d		-6,75	31,9099
bacterias 2 - bacterias 4		-5,5	31,9099
bacterias 2 - bacterias 4d		-1,75	31,9099
bacterias 2 - bacterias 6		-8,75	31,9099

bacterias 2 - bacterias 6d		-7,0	31,9099
bacterias 2 - bacterias 8		-0,75	31,9099
bacterias 2 - bacterias 8d		-4,75	31,9099
bacterias 2 - bacterias 10	*	-55,5	31,9099
bacterias 2 - bacterias 10d		-28,25	31,9099
bacterias 2d - bacterias 4		1,25	31,9099
bacterias 2d - bacterias 4d		5,0	31,9099
bacterias 2d - bacterias 6		-2,0	31,9099
bacterias 2d - bacterias 6d		-0,25	31,9099
bacterias 2d - bacterias 8		6,0	31,9099
bacterias 2d - bacterias 8d		2,0	31,9099
bacterias 2d - bacterias 10	*	-48,75	31,9099
bacterias 2d - bacterias 10d		-21,5	31,9099
bacterias 4 - bacterias 4d		3,75	31,9099
bacterias 4 - bacterias 6		-3,25	31,9099
bacterias 4 - bacterias 6d		-1,5	31,9099
bacterias 4 - bacterias 8		4,75	31,9099
bacterias 4 - bacterias 8d		0,75	31,9099
bacterias 4 - bacterias 10	*	-50,0	31,9099
bacterias 4 - bacterias 10d		-22,75	31,9099
bacterias 4d - bacterias 6		-7,0	31,9099
bacterias 4d - bacterias 6d		-5,25	31,9099
bacterias 4d - bacterias 8		1,0	31,9099
bacterias 4d - bacterias 8d		-3,0	31,9099
bacterias 4d - bacterias 10	*	-53,75	31,9099
bacterias 4d - bacterias 10d		-26,5	31,9099
bacterias 6 - bacterias 6d		1,75	31,9099
bacterias 6 - bacterias 8		8,0	31,9099
bacterias 6 - bacterias 8d		4,0	31,9099
bacterias 6 - bacterias 10	*	-46,75	31,9099
bacterias 6 - bacterias 10d		-19,5	31,9099
bacterias 6d - bacterias 8		6,25	31,9099
bacterias 6d - bacterias 8d		2,25	31,9099
bacterias 6d - bacterias 10	*	-48,5	31,9099
bacterias 6d - bacterias 10d		-21,25	31,9099
bacterias 8 - bacterias 8d		-4,0	31,9099
bacterias 8 - bacterias 10	*	-54,75	31,9099
bacterias 8 - bacterias 10d		-27,5	31,9099
bacterias 8d - bacterias 10	*	-50,75	31,9099
bacterias 8d - bacterias 10d		-23,5	31,9099
bacterias 10 - bacterias 10d		27,25	31,9099

* indica una diferencia significativa.



- **Hongos**

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Hongos 0	4	0	0		0	0
Hongos 0d	4	0	0		0	0
Hongos 2	4	0	0		0	0
Hongos 2d	4	0	0		0	0
Hongos 4	4	4,0	3,55903	88,9757%	1,0	8,0
Hongos 4d	4	4,0	3,16228	79,0569%	1,0	8,0
Hongos 6	4	13,5	9,88264	73,2048%	6,0	28,0
Hongos 6d	4	13,0	11,0454	84,9643%	4,0	29,0
Hongos 8	4	7,25	7,08872	97,7755%	2,0	17,0
Hongos 8d	4	7,0	6,63325	94,7607%	2,0	16,0
Hongos 10	4	3,5	1,91485	54,7101%	2,0	6,0
Hongos 10d	4	2,5	1,73205	69,282%	1,0	4,0
Total	48	4,5625	6,59434	144,534%	0	29,0

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1014,06	11	92,1875	3,22	0,6039
Intra grupos	1029,75	36	28,6042		
Total (Corr.)	2043,81	47			

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Hongos 2	4	0	X
Hongos 2d	4	0	X
Hongos 0	4	0	X
Hongos 0d	4	0	X
Hongos 10d	4	2,5	X

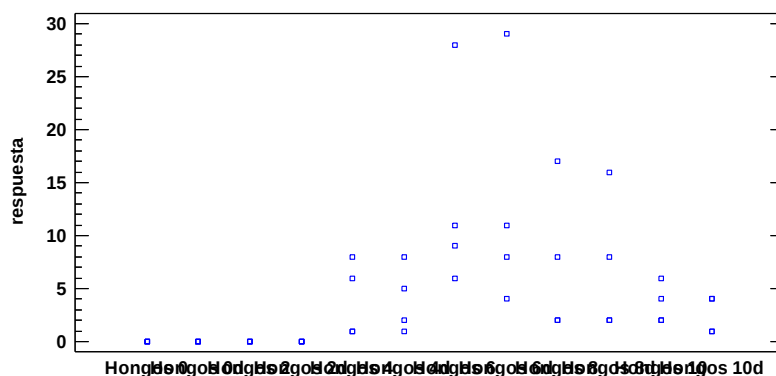
Hongos 10	4	3,5	X
Hongos 4d	4	4,0	X
Hongos 4	4	4,0	X
Hongos 8d	4	7,0	XX
Hongos 8	4	7,25	XX
Hongos 6d	4	13,0	X
Hongos 6	4	13,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Hongos 0 - Hongos 0d		0	7,66988
Hongos 0 - Hongos 2		0	7,66988
Hongos 0 - Hongos 2d		0	7,66988
Hongos 0 - Hongos 4		-4,0	7,66988
Hongos 0 - Hongos 4d		-4,0	7,66988
Hongos 0 - Hongos 6	*	-13,5	7,66988
Hongos 0 - Hongos 6d	*	-13,0	7,66988
Hongos 0 - Hongos 8		-7,25	7,66988
Hongos 0 - Hongos 8d		-7,0	7,66988
Hongos 0 - Hongos 10		-3,5	7,66988
Hongos 0 - Hongos 10d		-2,5	7,66988
Hongos 0d - Hongos 2		0	7,66988
Hongos 0d - Hongos 2d		0	7,66988
Hongos 0d - Hongos 4		-4,0	7,66988
Hongos 0d - Hongos 4d		-4,0	7,66988
Hongos 0d - Hongos 6	*	-13,5	7,66988
Hongos 0d - Hongos 6d	*	-13,0	7,66988
Hongos 0d - Hongos 8		-7,25	7,66988
Hongos 0d - Hongos 8d		-7,0	7,66988
Hongos 0d - Hongos 10		-3,5	7,66988
Hongos 0d - Hongos 10d		-2,5	7,66988
Hongos 2 - Hongos 2d		0	7,66988
Hongos 2 - Hongos 4		-4,0	7,66988
Hongos 2 - Hongos 4d		-4,0	7,66988
Hongos 2 - Hongos 6	*	-13,5	7,66988
Hongos 2 - Hongos 6d	*	-13,0	7,66988
Hongos 2 - Hongos 8		-7,25	7,66988
Hongos 2 - Hongos 8d		-7,0	7,66988
Hongos 2 - Hongos 10		-3,5	7,66988
Hongos 2 - Hongos 10d		-2,5	7,66988
Hongos 2d - Hongos 4		-4,0	7,66988
Hongos 2d - Hongos 4d		-4,0	7,66988
Hongos 2d - Hongos 6	*	-13,5	7,66988
Hongos 2d - Hongos 6d	*	-13,0	7,66988
Hongos 2d - Hongos 8		-7,25	7,66988
Hongos 2d - Hongos 8d		-7,0	7,66988

Hongos 2d - Hongos 10		-3,5	7,66988
Hongos 2d - Hongos 10d		-2,5	7,66988
Hongos 4 - Hongos 4d		0	7,66988
Hongos 4 - Hongos 6	*	-9,5	7,66988
Hongos 4 - Hongos 6d	*	-9,0	7,66988
Hongos 4 - Hongos 8		-3,25	7,66988
Hongos 4 - Hongos 8d		-3,0	7,66988
Hongos 4 - Hongos 10		0,5	7,66988
Hongos 4 - Hongos 10d		1,5	7,66988
Hongos 4d - Hongos 6	*	-9,5	7,66988
Hongos 4d - Hongos 6d	*	-9,0	7,66988
Hongos 4d - Hongos 8		-3,25	7,66988
Hongos 4d - Hongos 8d		-3,0	7,66988
Hongos 4d - Hongos 10		0,5	7,66988
Hongos 4d - Hongos 10d		1,5	7,66988
Hongos 6 - Hongos 6d		0,5	7,66988
Hongos 6 - Hongos 8		6,25	7,66988
Hongos 6 - Hongos 8d		6,5	7,66988
Hongos 6 - Hongos 10	*	10,0	7,66988
Hongos 6 - Hongos 10d	*	11,0	7,66988
Hongos 6d - Hongos 8		5,75	7,66988
Hongos 6d - Hongos 8d		6,0	7,66988
Hongos 6d - Hongos 10	*	9,5	7,66988
Hongos 6d - Hongos 10d	*	10,5	7,66988
Hongos 8 - Hongos 8d		0,25	7,66988
Hongos 8 - Hongos 10		3,75	7,66988
Hongos 8 - Hongos 10d		4,75	7,66988
Hongos 8d - Hongos 10		3,5	7,66988
Hongos 8d - Hongos 10d		4,5	7,66988
Hongos 10 - Hongos 10d		1,0	7,66988

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- **Productores de proteasas**

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Proteasas 0	4	14,25	2,5	17,5439%	11,0	17,0
Proteasas 0d	4	14,0	5,47723	39,123%	8,0	20,0
Proteasas 2	4	8,5	7,04746	82,9113%	2,0	16,0
Proteasas 2d	4	9,25	4,19325	45,3324%	5,0	15,0
Proteasas 4	4	12,5	4,79583	38,3667%	8,0	18,0
Proteasas 4d	4	10,75	2,98608	27,7775%	7,0	14,0
Proteasas 6	4	11,75	6,99405	59,5238%	5,0	21,0
Proteasas 6d	4	10,25	5,31507	51,8544%	4,0	16,0
Proteasas 8	4	10,25	2,5	24,3902%	7,0	13,0
Proteasas 8d	4	8,5	7,93725	93,3795%	1,0	18,0
Proteasas 10	4	17,5	7,59386	43,3935%	8,0	25,0
Proteasas 10d	4	13,5	6,245	46,2592%	6,0	20,0
Total	48	11,75	5,57158	47,4177%	1,0	25,0

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	323,5	11	29,4091	0,93	0,5215
Intra grupos	1135,5	36	31,5417		
Total (Corr.)	1459,0	47			

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Proteasas 2	4	8,5	X
Proteasas 8d	4	8,5	X
Proteasas 2d	4	9,25	X
Proteasas 6d	4	10,25	XX
Proteasas 8	4	10,25	XX
Proteasas 4d	4	10,75	XX
Proteasas 6	4	11,75	XX
Proteasas 4	4	12,5	XX
Proteasas 10d	4	13,5	XX
Proteasas 0d	4	14,0	XX
Proteasas 0	4	14,25	XX
Proteasas 10	4	17,5	X

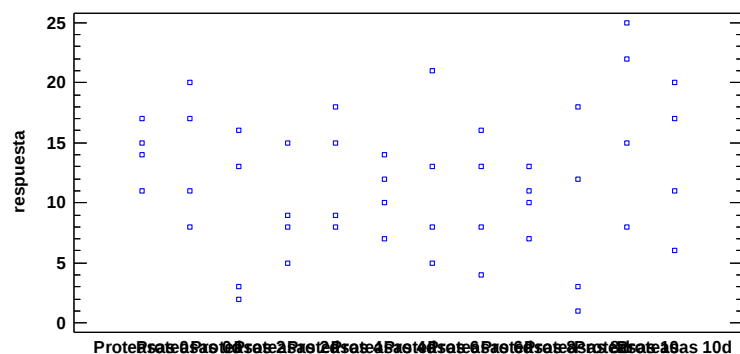
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Proteasas 0 - Proteasas 0d		0,25	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 2		5,75	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 2d		5,0	8,05409

Proteasas 0 - Proteasas 4		1,75	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 4d		3,5	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 6		2,5	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 6d		4,0	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 8		4,0	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 8d		5,75	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 10		-3,25	8,05409
Proteasas 0 - Proteasas 10d		0,75	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 2		5,5	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 2d		4,75	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 4		1,5	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 4d		3,25	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 6		2,25	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 6d		3,75	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 8		3,75	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 8d		5,5	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 10		-3,5	8,05409
Proteasas 0d - Proteasas 10d		0,5	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 2d		-0,75	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 4		-4,0	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 4d		-2,25	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 6		-3,25	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 6d		-1,75	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 8		-1,75	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 8d		0	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 10	*	-9,0	8,05409
Proteasas 2 - Proteasas 10d		-5,0	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 4		-3,25	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 4d		-1,5	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 6		-2,5	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 6d		-1,0	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 8		-1,0	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 8d		0,75	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 10	*	-8,25	8,05409
Proteasas 2d - Proteasas 10d		-4,25	8,05409
Proteasas 4 - Proteasas 4d		1,75	8,05409
Proteasas 4 - Proteasas 6		0,75	8,05409
Proteasas 4 - Proteasas 6d		2,25	8,05409
Proteasas 4 - Proteasas 8		2,25	8,05409
Proteasas 4 - Proteasas 8d		4,0	8,05409
Proteasas 4 - Proteasas 10		-5,0	8,05409
Proteasas 4 - Proteasas 10d		-1,0	8,05409
Proteasas 4d - Proteasas 6		-1,0	8,05409
Proteasas 4d - Proteasas 6d		0,5	8,05409
Proteasas 4d - Proteasas 8		0,5	8,05409

Proteasas 4d - Proteasas 8d		2,25	8,05409
Proteasas 4d - Proteasas 10		-6,75	8,05409
Proteasas 4d - Proteasas 10d		-2,75	8,05409
Proteasas 6 - Proteasas 6d		1,5	8,05409
Proteasas 6 - Proteasas 8		1,5	8,05409
Proteasas 6 - Proteasas 8d		3,25	8,05409
Proteasas 6 - Proteasas 10		-5,75	8,05409
Proteasas 6 - Proteasas 10d		-1,75	8,05409
Proteasas 6d - Proteasas 8		0	8,05409
Proteasas 6d - Proteasas 8d		1,75	8,05409
Proteasas 6d - Proteasas 10		-7,25	8,05409
Proteasas 6d - Proteasas 10d		-3,25	8,05409
Proteasas 8 - Proteasas 8d		1,75	8,05409
Proteasas 8 - Proteasas 10		-7,25	8,05409
Proteasas 8 - Proteasas 10d		-3,25	8,05409
Proteasas 8d - Proteasas 10	*	-9,0	8,05409
Proteasas 8d - Proteasas 10d		-5,0	8,05409
Proteasas 10 - Proteasas 10d		4,0	8,05409

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- **Productores de amilasas**

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Amilasas 0	4	1,0	1,41421	141,421%	0	3,0
Amilasas 0d	4	0,5	0,57735	115,47%	0	1,0
Amilasas 2	4	0,5	0,57735	115,47%	0	1,0
Amilasas 2d	4	1,75	2,06155	117,803%	0	4,0
Amilasas 4	4	1,25	1,25831	100,664%	0	3,0
Amilasas 4d	4	1,5	0,57735	38,49%	1,0	2,0
Amilasas 6	4	1,0	1,41421	141,421%	0	3,0
Amilasas 6d	4	0,75	0,957427	127,657%	0	2,0
Amilasas 8	4	0,75	0,5	66,6667%	0	1,0
Amilasas 8d	4	1,0	1,41421	141,421%	0	3,0

Amilasas 10	4	2,0	1,1547	57,735%	1,0	3,0
Amilasas 10d	4	4,75	3,77492	79,4719%	1,0	10,0
Total	48	1,39583	1,7714	126,906%	0	10,0

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	58,7292	11	5,33902	2,17	0,5400
Intra grupos	88,75	36	2,46528		
Total (Corr.)	147,479	47			

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Amilasas 2	4	0,5	X
Amilasas 0d	4	0,5	X
Amilasas 6d	4	0,75	X
Amilasas 8	4	0,75	X
Amilasas 0	4	1,0	X
Amilasas 6	4	1,0	X
Amilasas 8d	4	1,0	X
Amilasas 4	4	1,25	X
Amilasas 4d	4	1,5	X
Amilasas 2d	4	1,75	X
Amilasas 10	4	2,0	X
Amilasas 10d	4	4,75	X

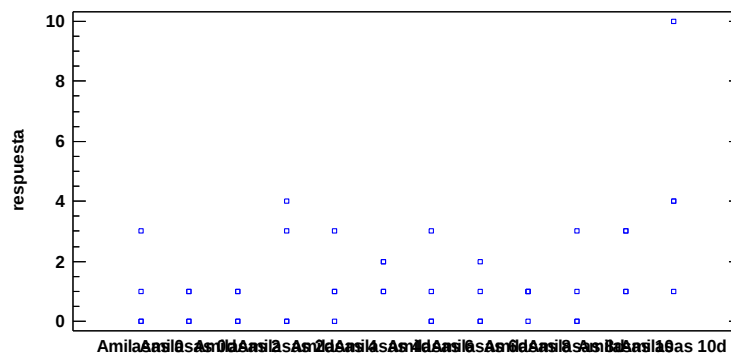
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Amilasas 0 - Amilasas 0d		0,5	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 2		0,5	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 2d		-0,75	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 4		-0,25	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 4d		-0,5	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 6		0	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 6d		0,25	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 8		0,25	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 8d		0	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 10		-1,0	2,25168
Amilasas 0 - Amilasas 10d	*	-3,75	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 2		0	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 2d		-1,25	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 4		-0,75	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 4d		-1,0	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 6		-0,5	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 6d		-0,25	2,25168

Amilasas 0d - Amilasas 8		-0,25	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 8d		-0,5	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 10		-1,5	2,25168
Amilasas 0d - Amilasas 10d	*	-4,25	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 2d		-1,25	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 4		-0,75	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 4d		-1,0	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 6		-0,5	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 6d		-0,25	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 8		-0,25	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 8d		-0,5	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 10		-1,5	2,25168
Amilasas 2 - Amilasas 10d	*	-4,25	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 4		0,5	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 4d		0,25	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 6		0,75	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 6d		1,0	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 8		1,0	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 8d		0,75	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 10		-0,25	2,25168
Amilasas 2d - Amilasas 10d	*	-3,0	2,25168
Amilasas 4 - Amilasas 4d		-0,25	2,25168
Amilasas 4 - Amilasas 6		0,25	2,25168
Amilasas 4 - Amilasas 6d		0,5	2,25168
Amilasas 4 - Amilasas 8		0,5	2,25168
Amilasas 4 - Amilasas 8d		0,25	2,25168
Amilasas 4 - Amilasas 10		-0,75	2,25168
Amilasas 4 - Amilasas 10d	*	-3,5	2,25168
Amilasas 4d - Amilasas 6		0,5	2,25168
Amilasas 4d - Amilasas 6d		0,75	2,25168
Amilasas 4d - Amilasas 8		0,75	2,25168
Amilasas 4d - Amilasas 8d		0,5	2,25168
Amilasas 4d - Amilasas 10		-0,5	2,25168
Amilasas 4d - Amilasas 10d	*	-3,25	2,25168
Amilasas 6 - Amilasas 6d		0,25	2,25168
Amilasas 6 - Amilasas 8		0,25	2,25168
Amilasas 6 - Amilasas 8d		0	2,25168
Amilasas 6 - Amilasas 10		-1,0	2,25168
Amilasas 6 - Amilasas 10d	*	-3,75	2,25168
Amilasas 6d - Amilasas 8		0	2,25168
Amilasas 6d - Amilasas 8d		-0,25	2,25168
Amilasas 6d - Amilasas 10		-1,25	2,25168
Amilasas 6d - Amilasas 10d	*	-4,0	2,25168
Amilasas 8 - Amilasas 8d		-0,25	2,25168
Amilasas 8 - Amilasas 10		-1,25	2,25168

Amilasas 8 - Amilasas 10d	*	-4,0	2,25168
Amilasas 8d - Amilasas 10		-1,0	2,25168
Amilasas 8d - Amilasas 10d	*	-3,75	2,25168
Amilasas 10 - Amilasas 10d	*	-2,75	2,25168

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra



- **Microorganismos fijadores de nitrógeno**

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo
F, nitrogeno 0	4	7,0	3,91578	55,9397%	2,0	11,0
F, nitrogeno 0d	4	10,0	2,16025	21,6025%	8,0	13,0
F, nitrogeno 2	4	7,25	5,7373	79,1352%	2,0	14,0
F, nitrogeno 2d	4	7,0	4,76095	68,0136%	2,0	12,0
F, nitrógeno 4	4	6,75	8,01561	118,75%	1,0	18,0
F, nitrogeno 4d	4	8,75	2,62996	30,0566%	6,0	11,0
F, nitrogeno 6	4	11,25	6,70199	59,5732%	6,0	20,0
F, nitrogeno 6d	4	8,75	6,23832	71,2951%	3,0	17,0
F, nitrogeno 8	4	10,75	6,99405	65,0609%	4,0	19,0
F, nitrogeno 8d	4	6,75	1,70783	25,3011%	5,0	9,0
F, nitrogeno 10	4	30,5	16,8424	55,221%	7,0	47,0
F, nitrogeno 10d	4	21,0	11,1056	52,8836%	8,0	35,0
Total	48	11,3125	9,62964	85,1239%	1,0	47,0

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2290,06	11	208,187	3,62	0,1016
Intra grupos	2068,25	36	57,4514		
Total (Corr.)	4358,31	47			

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
--	-------	-------	-------------------

F, nitrógeno 8d	4	6,75	X
F, nitrógeno 4	4	6,75	X
F, nitrógeno 2d	4	7,0	X
F, nitrógeno 0	4	7,0	X
F, nitrógeno 2	4	7,25	X
F, nitrógeno 4d	4	8,75	X
F, nitrógeno 6d	4	8,75	X
F, nitrógeno 0d	4	10,0	X
F, nitrógeno 8	4	10,75	XX
F, nitrógeno 6	4	11,25	XX
F, nitrógeno 10d	4	21,0	XX
F, nitrógeno 10	4	30,5	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 0d		-3,0	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 2		-0,25	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 2d		0	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 4		0,25	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 4d		-1,75	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 6		-4,25	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 6d		-1,75	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 8		-3,75	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 8d		0,25	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 10	*	-23,5	10,8699
F, nitrógeno 0 - F, nitrógeno 10d	*	-14,0	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 2		2,75	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 2d		3,0	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 4		3,25	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 4d		1,25	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 6		-1,25	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 6d		1,25	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 8		-0,75	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 8d		3,25	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 10	*	-20,5	10,8699
F, nitrógeno 0d - F, nitrógeno 10d	*	-11,0	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 2d		0,25	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 4		0,5	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 4d		-1,5	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 6		-4,0	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 6d		-1,5	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 8		-3,5	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 8d		0,5	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 10	*	-23,25	10,8699
F, nitrógeno 2 - F, nitrógeno 10d	*	-13,75	10,8699
F, nitrógeno 2d - F, nitrógeno 4		0,25	10,8699

F, nitrogeno 2d - F, nitrogeno 4d		-1,75	10,8699
F, nitrogeno 2d - F, nitrogeno 6		-4,25	10,8699
F, nitrogeno 2d - F, nitrogeno 6d		-1,75	10,8699
F, nitrogeno 2d - F, nitrogeno 8		-3,75	10,8699
F, nitrogeno 2d - F, nitrogeno 8d		0,25	10,8699
F, nitrogeno 2d - F, nitrogeno 10	*	-23,5	10,8699
F, nitrogeno 2d - F, nitrogeno 10d	*	-14,0	10,8699
F, nitrogeno 4 - F, nitrogeno 4d		-2,0	10,8699
F, nitrogeno 4 - F, nitrogeno 6		-4,5	10,8699
F, nitrogeno 4 - F, nitrogeno 6d		-2,0	10,8699
F, nitrogeno 4 - F, nitrogeno 8		-4,0	10,8699
F, nitrogeno 4 - F, nitrogeno 8d		0	10,8699
F, nitrogeno 4 - F, nitrogeno 10	*	-23,75	10,8699
F, nitrogeno 4 - F, nitrogeno 10d	*	-14,25	10,8699
F, nitrogeno 4d - F, nitrogeno 6		-2,5	10,8699
F, nitrogeno 4d - F, nitrogeno 6d		0	10,8699
F, nitrogeno 4d - F, nitrogeno 8		-2,0	10,8699
F, nitrogeno 4d - F, nitrogeno 8d		2,0	10,8699
F, nitrogeno 4d - F, nitrogeno 10	*	-21,75	10,8699
F, nitrogeno 4d - F, nitrogeno 10d	*	-12,25	10,8699
F, nitrogeno 6 - F, nitrogeno 6d		2,5	10,8699
F, nitrogeno 6 - F, nitrogeno 8		0,5	10,8699
F, nitrogeno 6 - F, nitrogeno 8d		4,5	10,8699
F, nitrogeno 6 - F, nitrogeno 10	*	-19,25	10,8699
F, nitrogeno 6 - F, nitrogeno 10d		-9,75	10,8699
F, nitrogeno 6d - F, nitrogeno 8		-2,0	10,8699
F, nitrogeno 6d - F, nitrogeno 8d		2,0	10,8699
F, nitrogeno 6d - F, nitrogeno 10	*	-21,75	10,8699
F, nitrogeno 6d - F, nitrogeno 10d	*	-12,25	10,8699
F, nitrogeno 8 - F, nitrogeno 8d		4,0	10,8699
F, nitrogeno 8 - F, nitrogeno 10	*	-19,75	10,8699
F, nitrogeno 8 - F, nitrogeno 10d		-10,25	10,8699
F, nitrogeno 8d - F, nitrogeno 10	*	-23,75	10,8699
F, nitrogeno 8d - F, nitrogeno 10d	*	-14,25	10,8699
F, nitrogeno 10 - F, nitrogeno 10d		9,5	10,8699

* indica una diferencia significativa.

[illegible]

au 0	4	19,0376	XXX
au 10	4	19,5261	XX
au 2	4	20,2889	XX
au 4d	4	22,486	X
au 8	4	25,6372	X
au 4	4	25,6412	X
au 6	4	47,331	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
au 0 - au 0d	*	8,35915	8,14496
au 0 - au 2		-1,2513	8,14496
au 0 - au 2d		5,9171	8,14496
au 0 - au 4		-6,60365	8,14496
au 0 - au 4d		-3,44848	8,14496
au 0 - au 6	*	-28,2934	8,14496
au 0 - au 6d		7,95117	8,14496
au 0 - au 8		-6,59965	8,14496
au 0 - au 8d	*	8,79317	8,14496
au 0 - au 10		-0,4885	8,14496
au 0 - au 10d	*	9,07047	8,14496
au 0d - au 2	*	-9,61045	8,14496
au 0d - au 2d		-2,44205	8,14496
au 0d - au 4	*	-14,9628	8,14496
au 0d - au 4d	*	-11,8076	8,14496
au 0d - au 6	*	-36,6526	8,14496
au 0d - au 6d	*	-55,40797	8,14496
au 0d - au 8	*	-14,9588	8,14496
au 0d - au 8d		0,434025	8,14496
au 0d - au 10	*	-8,84765	8,14496
au 0d - au 10d		0,711325	8,14496
au 2 - au 2d		7,1684	8,14496
au 2 - au 4		-5,35235	8,14496
au 2 - au 4d		-2,19718	8,14496
au 2 - au 6	*	-27,0421	8,14496
au 2 - au 6d	*	9,20247	8,14496
au 2 - au 8		-5,34835	8,14496
au 2 - au 8d	*	10,0445	8,14496
au 2 - au 10		0,7628	8,14496
au 2 - au 10d	*	10,3218	8,14496
au 2d - au 4	*	-12,5207	8,14496
au 2d - au 4d	*	-9,36557	8,14496
au 2d - au 6	*	-34,2105	8,14496
au 2d - au 6d		2,03408	8,14496
au 2d - au 8	*	-12,5167	8,14496
au 2d - au 8d		2,87608	8,14496

au 2d - au 10		-6,4056	8,14496
au 2d - au 10d		3,15338	8,14496
au 4 - au 4d		3,15517	8,14496
au 4 - au 6	*	-21,6898	8,14496
au 4 - au 6d	*	14,5548	8,14496
au 4 - au 8		0,004	8,14496
au 4 - au 8d	*	15,3968	8,14496
au 4 - au 10		6,11515	8,14496
au 4 - au 10d	*	15,6741	8,14496
au 4d - au 6	*	-24,845	8,14496
au 4d - au 6d	*	11,3997	8,14496
au 4d - au 8		-3,15117	8,14496
au 4d - au 8d		0,24175	8,14496
au 4d - au 10		2,95998	8,14496
au 4d - au 10d	*	12,519	8,14496
au 6 - au 6d	*	36,2446	8,14496
au 6 - au 8	*	21,6938	8,14496
au 6 - au 8d	*	37,0866	8,14496
au 6 - au 10	*	27,8049	8,14496
au 6 - au 10d	*	37,3639	8,14496
au 6d - au 8	*	-14,5508	8,14496
au 6d - au 8d		0,842	8,14496
au 6d - au 10	*	-8,43968	8,14496
au 6d - au 10d		1,1193	8,14496
au 8 - au 8d	*	15,3928	8,14496
au 8 - au 10		6,11115	8,14496
au 8 - au 10d	*	15,6701	8,14496
au 8d - au 10	*	-9,28168	8,14496
au 8d - au 10d		0,2773	8,14496
au 10 - au 10d	*	9,55898	8,14496

* indica una diferencia significativa.

Dispersión según Muestra

