

60  
2eje



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"EVALUACION DE FERTILIZANTES ORGANICOS  
EN EL CULTIVO DE ALFALFA  
(Medicago sativa L.)"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO-AGRICOLA

P R E S E N T A :

**JOSE DE JESUS ZAMBRANO GUERRERO**

A S E S O R :

M.C. LUIS RICARDO CAZAREZ GARCIA

COASESOR:

ING. JUAN ROBERTO GUERRERO AGAMA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR FACULTAD DE ESTUDIOS  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES SUPERIOR CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
" Evaluación de fertilizantes orgánicos en el cultivo de  
alfalfa (Medicago sativa L. "

que presenta el pasante: José de Jesús Zambrano Guerrero  
con número de cuenta: 8337387-1 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 18 de agosto de 1994

PRESIDENTE Dr. Edvino Josafat Vega Rojas  
VOCAL M. en C. Ofelia Grajales Muñiz  
SECRETARIO M. en C. L. Ricardo Cázarez García  
PRIMER SUPLENTE Ing. Raúl Espinoza Sánchez  
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Roberto Guerrero Agama

*E. Josafat Vega Rojas*  
*Ofelia Grajales Muñiz*  
*L. Ricardo Cázarez García*  
*Raúl Espinoza Sánchez*  
*Roberto Guerrero Agama*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Universidad Nacional Autónoma de México.*

*A la Facultad de Ingeniería Agrícola.*

*A mis Padres y Hermanos*

*Por su constante apoyo, confianza y comprensión*

*Al M.C. L. Ricardo Cázarez García*

*Al Ing. J. Roberto Guerrero Agama*

*Por la enseñanza recibida, el constante apoyo para la  
realización de este trabajo y su amistad.*

*A mis Amigos*

*Por su apoyo en los momentos adversos y venturosos que  
pasamos juntos con lo que se fortaleció nuestra  
amistad.*

## ***DEDICATORIA***

## CONTENIDO

Lista de Cuadros .....	1
Lista de Gráficas .....	11
Resumen .....	
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	4
2.1. Objetivo general .....	4
2.2. Hipótesis .....	4
III. REVISION DE LITERATURA .....	5
3.1. Aspectos generales del cultivo de alfalfa .....	5
3.1.1. Origen y distribución .....	5
3.1.2. Importancia económica .....	6
3.1.3. Descripción botánica .....	7
3.1.4. Características morfológicas .....	7
3.1.5. Valor nutricional .....	10
3.1.6. Condiciones ecológicas para su cultivo ...	10
3.1.6.1. Clima .....	11
3.1.6.2. Precipitación .....	11
3.1.6.3. Temperatura .....	12
3.1.6.4. Altitud .....	13
3.1.6.5. Fotoperíodo .....	13
3.1.6.6. Suelo .....	13
3.2. Relaciones nutrimentales .....	14
3.2.1. Macronutrientes .....	14

3.2.1.1. Nitrógeno .....	14
3.2.1.2. Fósforo .....	16
3.2.1.3. Potasio .....	17
3.2.1.4. Calcio y Magnesio .....	18
3.2.1.5. Azufre .....	19
3.2.2. Micronutrientes .....	19
3.2.2.1. Boro .....	19
3.2.2.2. Cobre .....	18
3.2.2.3. Zinc .....	20
3.2.2.4. Manganeseo .....	20
3.2.2.5. Hierro .....	21
3.2.2.6. Molibdeno .....	21
3.3. Fertilizantes Orgánicos .....	22
3.3.1. Antecedentes .....	22
3.3.2. Constitución de los fertilizantes orgánicos .....	24
3.3.3. Origen de los componentes de los fertilizantes orgánicos .....	25
3.3.3.1. Materia húmica .....	27
3.3.3.2. Huminas .....	27
3.3.3.3. Acidos húmicos .....	27
3.3.3.4. Acidos Fúlvicos .....	28
3.3.3.5. Acidos himetomelánicos .....	29
3.3.4. Composición elemental de las sustancias húmicas .....	29

3.3.5. Características generales de los ácidos	
húmicos y fúlvicos .....	30
3.3.5.1. Ácidos húmicos .....	30
3.3.5.2. Naturaleza química .....	30
3.3.5.3. Núcleo aromático .....	31
3.3.5.4. Nitrógeno .....	31
3.3.5.5. Sustancias reductoras .....	32
3.3.5.6. Grupos funcionales .....	32
3.3.6. Principio de la estructura de las	
moléculas .....	32
3.3.6.1. Ácidos fúlvicos .....	32
3.3.6.2. Núcleo aromático .....	33
3.3.6.3. Nitrógeno .....	33
3.3.6.4. Sustancias reductoras .....	33
3.3.7. Funciones de los ácidos húmicos y fúlvicos	
en el suelo y planta .....	34
IV. MATERIALES Y METODOS .....	37
4.1. Aspectos generales del área experimental .....	37
4.1.1. Localización .....	37
4.1.2. Características edáficas .....	37
4.1.3. Características climáticas .....	38
4.1.4. Características de la parcela experimental	38
4.1.4.1. Ubicación de la parcela	
experimental .....	38
4.1.4.2. Características agronómicas .....	38
4.1.4.3. Características edáficas .....	39



4.1.4.4. Sistema de cosecha .....	38
4.2. Fertilizantes a evaluar .....	40
4.2.1. Organic Matter .....	40
4.2.2. Foliar Power .....	42
4.2.3. ARN .....	44
4.3. Metodología experimental .....	46
4.3.1. Diseño experimental .....	46
4.3.2. Tratamientos .....	46
4.3.3. Delimitación del área experimental .....	47
4.3.4. Equipo de aplicación .....	49
4.3.5. Aplicación de los tratamientos .....	49
4.3.6. Variables a evaluar .....	49
4.3.7. Toma de muestras .....	50
V. RESULTADOS .....	53
5.1. Rendimiento en materia verde .....	53
5.2. Rendimiento en materia seca .....	57
5.3. Altura de planta .....	61
5.4. Porcentaje de materia seca en la muestra de laboratorio .....	65
5.5. Porcentaje de cenizas .....	65
5.6. Porcentaje de proteína cruda .....	71
5.7. Porcentaje de fibra .....	72
5.8. Análisis de suelos .....	79
5.8.1 pH .....	79
5.8.2. Conductividad eléctrica .....	81
5.8.3. Materia orgánica .....	81

5.8.4. Nitrogeno .....	83
5.8.5. Fósforo .....	85
5.8.6. Cationes intercambiables .....	87
5.9. Discusión general .....	89
VI. CONCLUSIONES .....	97
VII. LITERATURA CITADA .....	99
ANEXOS .....	104

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página.
1	Elementos nutritivos en el cultivo de alfalfa.	11
2	Fraccionamiento cuantitativo de una fracción de Organic Matter.	25
3	Composición elemental de las sustancias húmicas.	30
4	Características agrómicas de la parcela 13.	39
5	Tratamientos para la primera aplicación.	46
6	Tratamientos para la aplicación de mantenimiento.	47
7	Acomodo de los tratamientos en el diseño experimental	47
8	Ubicación del diseño experimental en la parcela	48
9	Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable materia verde.	55
10	Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable materia seca.	59
11	Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable altura de planta.	62
12	Coefficientes de correlación entre altura de planta materia verde y materia seca.	63
13	Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable materia seca de laboratorio.	66
14	Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable cenizas.	69

Cuadro		Página.
15	Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable proteína cruda.	73
16	Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable fibra.	76
12	Coefficientes de correlación entre materia verde materia seca, proteína cruda y fibra.	77

## LISTA DE GRAFICAS

Gráfica		Página
1	Rendimiento promedio de materia verde por tratamiento.	56
2	Rendimiento promedio de materia seca por tratamiento.	60
3	altura de planta promedio por tratamiento.	64
4	Porcentaje promedio de materia seca de laboratorio por tratamiento.	67
5	Porcentaje promedio de cenizas por tratamiento.	70
6	Porcentaje promedio de proteína cruda por tratamiento.	74
7	Porcentaje de fibra por tratamiento.	78
8	pH de los análisis de suelo por tratamiento.	80
9	Conductividad eléctrica de los análisis de suelo por tratamiento.	82
10	Porcentaje de materia orgánica de los análisis de suelo por tratamiento.	84
11	Porcentaje de nitrógeno de los análisis de suelo por tratamiento.	86
12	Concentración de fósforo en los análisis de suelo por tratamiento.	88
13	Concentración de potasio en los análisis de suelo por tratamiento.	90

Gráfica		Página
14	Concentración de calcio en los análisis de suelo por tratamiento.	91
15	Concentración de magnesio en los análisis de suelo por tratamiento.	92

## RESUMEN

Una de las especies forrajeras mas importantes en México es la alfalfa, dedicándose a su cultivo 250 mil hectáreas, repartidas en 3 regiones de la república mexicana, Valles altos, El bajo y Noroeste donde se encuentran los principales estados productores. Históricamente la producción de la alfalfa está basada en los nutrientes que ésta pueda obtener del suelo y del aire (fijación de nitrógeno), por lo cual, junto con la explotación intensiva del cultivo así como la poca disponibilidad de los fertilizantes en la regiones agrícolas, lo que trae como consecuencia una aportación, nula o inadecuada de fertilizantes, con lo cual se observa un agotamiento de la fertilidad de los suelos, una disminución en los rendimientos, calidad, así como en el tiempo de explotación del cultivo.

Ante la problemática y dada la importancia del cultivo a nivel nacional, se desarrolló la presente evaluación con la finalidad de obtener dosis adecuadas de fertilizantes orgánicos, para ayudar a incrementar los rendimientos y la calidad del cultivo, así ayudar a conservar el equilibrio nutrimental de los suelos.

La evaluación se llevó a cabo en la parcela numero 13 de la FES-Cuautitlán, utilizando un cultivo de alfalfa con 2 años de establecida. En ésta se trazó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las unidades experimentales constaron de una superficie de 40 m<sup>2</sup> (4 X 10m).

Los parámetros evaluados fueron: materia seca, altura de planta y calidad bromatológica.

No se presentaron respuestas en cuanto a rendimientos de materia verde y seca, cantidad de proteína, fibra y cenizas a la aplicación de fertilización con fertilizantes orgánicos. Se presentó una respuesta positiva en cuanto a la altura de planta con la dosis de 8 lts/ha de Organic matter, 8 lts/ha de Foliar Power y 20 lts/ha de ARN (Tratamiento III), que fue donde se observaron las mayores alturas (35.567). Así mismo, esta dosis fue la que ayudó a conservar y mejorar el equilibrio nutrimental del suelos.



## I. INTRODUCCION

Dentro de la producción agrícola se encuentra inmersa, la producción de forrajes como una área de gran importancia: más aun si se tiene en consideración que de su productividad depende la producción de leche, carne, lana y otros subproductos de bovinos, ovinos y equinos fundamentalmente. Por consiguiente, dentro de la producción de forrajes se tiene a la alfalfa como una especie fundamental en las raciones alimenticias del ganado y sobre todo del ganado productor de leche de alto rendimiento, debido a su elevado nivel nutricional; dichas características nutrimentales han sido la base para que su cultivo se haya extendido a todo el mundo, ya fuese a través de los conquistadores, colonizadores de nuevos territorios, o por el interés propio de los productores de diversas latitudes llegando a ocupar en la actualidad un promedio de 33 millones de hectáreas a nivel mundial (Del pozo, 1983).

Por su amplio rango de adaptación y su excelente rendimiento, se cultiva en las zonas templadas, áridas y semiáridas, es decir desde los Valles Centrales de Oaxaca, Centro, hasta el Norte de la República Mexicana (Sifuentes, 1987).

En México, la superficie cultivada con alfalfa es aproximadamente de 250 mil hectáreas, de las cuales el 55% se localiza en las regiones conocidas como Valles Altos y El Bajío. En la región Noroeste se cultivan aproximadamente 30

mil hectáreas, equivalentes a un 12% de la superficie total ocupada por esta especie.

Históricamente la producción agrícola se ha basado en la utilización que hacen las plantas de los nutrientes contenidos en el suelo; sin embargo, la adición en forma complementaria de los elementos nutritivos en diversas y variadas formas, con la finalidad de aumentar el rendimiento por unidad de superficie y/o mejorar la calidad alimenticia de dichos productos, han seguido una tendencia a incrementarse constantemente a través de los años.

Dentro de estas formas variadas se tiene la adición de abonos orgánicos, que se considera como la más antigua forma de fertilización; a ésta le sigue la adición de fertilizantes sintéticos y en los últimos años se inicia la implementación de fertilizantes orgánicos.

Estos últimos vienen a revolucionar más a la agricultura ya que por su composición, con cantidades más pequeñas, en relación a las utilizadas de los fertilizantes sintéticos se puede aportar la misma cantidad de nutrimentos o en otros casos utilizarse como fertilizantes complementarios. (Kozgro, 1991a).

Por otra parte, la poca diversidad de los diferentes tipos de fertilizantes sintéticos en las regiones agrícolas provoca que haya un uso inadecuado y excesivo de algunos de estos, lo que trae como consecuencia un daño a la ecología del suelo.

Al implementar el uso de los fertilizantes orgánicos no se

daña la ecología del suelo, además, se obtienen las siguientes ventajas; neutralizar los efectos dañinos de los agroquímicos en el suelo, generar humus, reducir la erosión, incrementar la actividad de macro y microorganismos en el suelo; y regresar al suelo su estado productivo de balance natural, (Kozgro, 1991b).

Siendo estas las causas más importantes para introducirse al estudio de los fertilizantes orgánicos, y analizar su factibilidad de utilización, así como las ventajas económicas que esto podría traer consigo, ya que el alto costo de los fertilizantes sintéticos podría sustituirse por un menor costo de los fertilizantes orgánicos.

Dada la importancia que se observa en este tipo de productos se realizó la evaluación de algunos de ellos; su finalidad es encontrar un sustituto de las grandes cantidades de fertilizantes sintéticos, como de los abonos, para reducir los costos de producción y facilitar las labores de fertilización, así como ayudar a conservar el equilibrio en el suelo.

## II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

### 2.1. *Objetivo General:*

- Determinar la efectividad de los fertilizantes orgánicos ( Organic Matter y Foliar power) en el rendimiento y calidad bromatológica del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*).

### 2.3. *Hipótesis:*

- La aplicación de los fertilizantes orgánicos aumentan el rendimiento en materia seca por unidad de superficie y calidad bromatológica del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*).

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. Aspectos generales del cultivo de alfalfa.

##### 3.1.1. Origen y distribución.

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) es considerada como la reina de las plantas forrajeras, debido a su alto nivel nutricional. Esto hace que se considere el forraje más importante para la industria lechera y su consumo se extiende al ganado porcino, caballar, caprino, ovino y aves de corral, por lo que el cultivo se encuentra distribuido por todo el mundo. Fue la primera especie forrajera domesticada, probablemente por el valor que el hombre le asignaba (Del Pozo, 1983).

Según la clasificación de Vavilov, la alfalfa proviene del Cercano Oriente Central, zona comprendida por el Asia Menor, Transcaucasia, Irán y la región montañosa de Turquía. Irán constituye el centro geográfico que comúnmente se menciona como origen de la alfalfa (Bolton, 1982; Del pozo, 1983).

Es probable que de las regiones anteriormente citadas; se haya extendido a Grecia. De ahí pasó a Italia y de aquí a las distintas provincias del imperio romano. Con la caída de dicho imperio, el cultivo de la alfalfa desapareció de Europa. Sin embargo, quedaron restos distribuidos por el continente que facilitaría la posterior difusión, que se llevó a cabo por los árabes, que transportaron la alfalfa a España y de aquí al resto del mundo. Los españoles la transportaron a México y Perú, de donde se extendió al resto

de Sudamérica. A mitad del siglo XIX, semillas procedentes de Rusia y Alemania permitieron su distribución hacia E.U.A. y Canadá (Del Pozo, 1983).

### *3.1.2. Importancia económica.*

En 1960 había en el país 90,121 ha de alfalfa establecidas, cifra, que para 1979 ascendió a 238,000 Has. El rendimiento promedio durante ese período fue de 57.751 kg/ha/año de materia verde, que se consideraba como medio o

regular. En el año de 1980 se cosecharon en México 2,241,029 Has. de alfalfa, con una producción de 16' 187,704 ton. de forraje verde y un valor en el mercado nacional en pesos de aquel entonces de casi 8 mil millones. El 95.4% de la superficie correspondió a condiciones de riego y solamente el 4.6% restante a zonas temporales (Cázares, 1988).

Para el año de 1985 se cosecharon en México 242,899 Has de alfalfa, con una producción de 13' 775,960 ton de forraje verde con un valor en el mercado nacional de 65 mil millones de pesos. El 98.9% de la superficie cultivada con alfalfa en ese año correspondía a condiciones de riego y solamente el 1.1 a zonas temporales (S.A.R.H., 1985).

El cultivo de la alfalfa se ha incrementado paulatinamente, debido al aumento en la población de ganado mayor y menor en el país, a las múltiples ventajas de la especie, a sus excelentes cualidades nutritivas, facilidad de manejo, alta producción de forraje durante todo el año, bajos requerimientos de insumos tales como fertilizantes

nitrogenados y plaguicidas en general, además de su amplia variabilidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y edáficas (Salinas y Urbiola. 1981; Castillo y Aburto. 1979).

### 3.1.3. Descripción botánica

La posición taxonómica de la alfalfa se detalla a continuación:

Reino: Vegetal

División: Embryophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Rosales

Familia: Leguminosae

Subfamilia: Papilionideae ó Lotoideae

Tribu: Trifolieae

Genero: Medicago

Especie: sativa

### 3.1.4. Características morfológicas

La alfalfa es una planta herbácea perenne, cuyo promedio de vida varía de 5 a 7 años dependiendo de la variedad, el clima, el suelo, el agua de riego y sobre todo el manejo agronómico a que se someta.

El sistema radical de esta especie más que el de cualquier otra herbácea cultivada presenta abundancia de raíces: la

primaria emerge del hilio, la cual penetra rápidamente en el suelo como una raíz principal, sin ramificaciones, llegando a alcanzar profundidades de 1.5 a 2 m durante la primera estación de crecimiento. Según la variedad, la profundidad del suelo y el nivel de la capa freática, con el tiempo llega a alcanzar profundidades de 9 m, encontrándose algunas de hasta de 20 m ( Del Pozo, 1983).

Las plantas leguminosas están normalmente dotadas de hojas compuestas. Estas hojas compuestas constan de estípulas, peciolo, raquis, peciolúlos y folíolos. Las estípulas son una pareja de apéndices, a modo de pequeñas hojas, situadas en la base a ambos lados del peciolo; en el caso del género Medicago, estas estípulas se encuentran soldadas a lo largo de uno de los bordes, formando una sola pieza. El peciolo es a modo de un pequeño tallo que se une al raquis al resto de la planta. Se prolonga este peciolo en el raquis o eje mediano de la hoja, donde se insertan los distintos folíolos. Los folíolos son como pequeñas hojas, el conjunto de las cuales forman la hoja propiamente dicha. Estos folíolos se insertan, a veces en el raquis por medio de un pequeño apéndice ó tallito, que recibe el nombre de peciolúlo (Del Pozo, 1983).

Las hojas son imparipinadas; el resto de los folíolos, en número variable, tanto en un caso como en otro, se insertan por parejas en el raquis. el haz ó cara superior de los folíolos suele ser de un verde mas intenso que el envés ó cara inferior, generalmente más pubescente y con marcadas



nervaciones (Del Pozo, 1983).

La inflorescencia de la alfalfa es un racimo axilar que varía en longitud y densidad, pudiendo presentarse de 5 hasta 50 flores.

La flor posee colores vistosos que suelen ser del amarillo al violeta. Flores pentámeras con 5 pétalos distintos que reciben los nombres de : estandarte, al pétalo superior que suele ser al mismo tiempo el pétalo mayor: las alas, situadas a ambos lados del estandarte y completamente separados del mismo; finalmente, los dos últimos delanteros se encuentran soldados por uno de los bordes y forman lo que se llama la quilla.

El fruto es una vaina o legumbre larga, curvada o enrollada en espiral de tres a cinco vueltas, de color café, ligeramente pubescente: indehiscente en M. sativa L. y dehiscente en M. falcata L. Cada vaina contiene un número variable de semillas ( Bolton, 1962; Castillo y Aburto, 1978).

Las semillas son casi ovaladas ó arrifionadas, normalmente de color amarillo- verdosa, café amarillosas ó café claras y con una longitud promedio aproximada de 1.5 mm, formadas por un funículo tegumento, embrión y albumen. El funículo no es mas que un sostén de la semilla por el que ésta permanece unida a la placenta. El tegumento envuelve la semilla al mismo tiempo que le sirve de protección. El embrión constituye lo que una vez debidamente desarrollado será la futura planta (plántula). El albumen constituye un tejido de

reserva, rico en azúcares, que facilita la germinación del embrión ( Del Pozo, 1983).

### *3.1.5. Valor nutricional*

La alfalfa es una de las plantas forrajeras más antiguas y debido a sus grandes cualidades es llamada con frecuencia la "Reina de las plantas forrajeras", por su alto rendimiento, gran contenido de nutrientes digeribles totales, además agrega cantidades considerables de nitrógeno al suelo: por lo que alcanza una posición de importancia particular dentro de las zonas productoras de leche, ya que su capacidad para producir proteínas económicamente y eficientemente es alta (Delorit y Ahlgrre, 1982, citados por Cazarez, 1988).

Produce aproximadamente el doble de proteínas digeribles que el trébol y cuatro veces mayor que el heno de trébol o el ensilaje de maíz. Es muy rica también en minerales y contiene por lo menos 10 vitaminas diferentes, además de considerarse una fuente importante de vitamina A (Hughes y Heath, 1984). En el Cuadro 1 se muestra la elevada cantidad de elementos nutritivos que se encuentran contenidos en el cultivo de la alfalfa.

### *3.1.6. Condiciones ecológicas para su cultivo*

Las plantas forrajeras tienen plasticidad, por lo que se han hecho cosmopolitas, pues el hombre las ha introducido en todos los continentes. Una de ellas es la alfalfa, que se adapta notablemente bien a un amplio margen de condiciones

ecológicas muy diversas (Hanson, 1972).

Cuadro 1: Elementos nutritivos en el cultivo de alfalfa según Flores (1986).

Elemento nutritivo	Verde	Heno
AGUA	77.99 %	8.50 %
PROTEINA CRUDA	3.50 %	10.01 %
CARBOHIDRATOS	8.43 %	40.55 %
FIBRA	6.88 %	24.46 %
GRASA	0.73 %	2.73 %
CENIZAS	2.47 %	7.95 %

#### *3.1.6.1. Clima*

La alfalfa crece extraordinariamente bien en los climas secos (Hanson, 1972). Castillo y Aburto (1979), mencionan que se adapta a climas templados, cálidos y secos. teniéndose la impresión que entre más secos son los climas que favorecen su producción. Por su parte la Secretaría de Agricultura y Ganadería en su Plan nacional Agrícola y Forestal 1968-69; señala que es un cultivo de clima cálido-seco y no prospera en las tierras bajas y húmedas de la vertiente del golfo.

#### *3.1.6.2. Precipitación*

La alfalfa es considerada, como una planta resistente a la sequía. Sin embargo, esto no quiere decir que no necesite de importantes cantidades de agua para su desarrollo y producción. Datos obtenidos en Norteamérica señalan que el

número de mm de agua precisos para producir un kilogramo de materia seca por planta de alfalfa es de 700-800 ( Del Pozo, 1983)

La cantidad de agua para su óptimo desarrollo depende de varias condiciones de clima y suelo (Temperatura, humedad relativa, el viento y su velocidad) que determinan la evapotranspiración (Buller, 1957).

La F.A.O. por su parte considera que con precipitaciones anuales que no excedan los 760 mm son las mas adecuadas para el óptimo desarrollo.

### *3.1.6.3. Temperatura*

La semilla de alfalfa comienza a germinar en temperaturas de 2-4 °C, siempre que otros factores involucrados como la humedad, no signifiquen o actúen como limitante. La germinación es más rápida cuando más alta se la temperatura siendo el óptimo 28-30 °C, mientras que las temperaturas por arriba de los 38°C resultan letales para la joven plántula ( Del Pozo, 1983).

Durante los meses fríos de invierno, la alfalfa detiene su crecimiento hasta que inicia la elevación de temperaturas propias de la primavera (Dermaly, 1967); algunas variedades de alfalfa toleran sin dificultad temperaturas bajas con 10-15 °C bajo cero, con 15 °C como temperatura media anual la producción de forraje es ya importante, aunque el óptimo se sitúa, según las variedades en el intervalo de 18-28 °C.

#### *3.1.6.4. Altitud*

La alfalfa en México se produce en varias zonas, siendo la altura de 500-600 metros msnm, el límite mas bajo para su mejor desarrollo. Prospera en Baja California y Sonora al nivel del mar, porque cuentan con clima continental a pesar de estar en la costa, aunque en algunas partes como los E.U.A. se siembre desde el nivel del mar hasta los 2440 msnm (Castillo y Aburto, 1979).

#### *3.1.6.5. Fotoperíodo*

La alfalfa para florecer y fructificar normalmente, después de la etapa vegetativa necesita de una luminosidad solar que varía entre 12-13 horas diarias, razón por la cual se ha catalogado dentro del grupo de las especies de día largo (Sánchez y Ramírez, 1963).

#### *3.1.6.6. Suelo*

La alfalfa crece en una gran variedad de suelos, pero sus rendimientos son altos en los profundos, arcillosos o en los arenosos que estén bien drenados y tengan un contenido relativamente alto de materia orgánica, pudiendo crecer en suelos normalmente alcalinos; parece ser que presenta su mejor desarrollo en suelos limo-arenosos calcáreos con alto contenido de fósforo y potasio. No se desarrolla bien sobre suelos ácidos (Castillo y Aburto, 1979).

La alfalfa es una planta muy sensible a la acidez del suelo requiriendo para su producción óptima un rango de pH que

puede variar de 6.5-7.5 (Muslera y Ratera, 1984).

### *3.2. Relaciones nutrimentales*

El cultivo de la alfalfa, como todos los demás, requieren de los elementos denominados esenciales para su crecimiento y desarrollo. Es fundamental que exista entre ellas cierto equilibrio, ya que a menudo están de tal manera interrelacionados que el exceso o deficiencia de uno de ellos puede limitar o condicionar la absorción por parte de las plantas de otros, aunque en ocasiones la tolerancia puede ser amplia (Del Pozo, 1983).

Los cortes de alfalfa, provocan un continuo y progresivo agotamiento de sustancias minerales, de suerte que es bastante probable que se presenten déficits de uno o más nutrimentos en el suelo, aún en suelos fértiles (Rhykerd y Overdahl, 1972).

Un suministro adecuado y a la vez balanceado de elementos esenciales es básico para la producción de plantas de crecimiento sano y de alimentos de calidad. Contrariamente, un desbalance nutrimental entre aquellos disponibles y otros no esenciales para el crecimiento vegetal pueden disminuir en rendimiento y en casos extremos causar severos daños a los cultivos (Bolton, 1962).

#### *3.2.1 Macronutrientes*

##### *3.2.1.1. Nitrógeno*

El nitrógeno es el elemento de mayor repercusión económica en la agricultura y más concretamente en la producción de

forrajes. Es parte fundamental de proteínas, prótidos y de la molécula de clorofila, determinante en la asimilación fotosintética vegetal; constituyente de enzimas; así como de ácidos nucleicos, esenciales para la síntesis proteica (Del Pozo, 1983; Grajales, 1987).

La alfalfa correctamente inoculada fija grandes cantidades de nitrógeno atmosférico, por lo cual este elemento es poco aplicado a los cultivos, en algunas ocasiones cuando los suelos son pobres en materia orgánica, se aplica una dosis pequeña al momento de la siembra, ya que esto facilita el rápido crecimiento inicial de las plántulas, hasta que se formen los nódulos en las raíces y los rizobios estén en condiciones de fijar este elemento del aire. Sin embargo, es conocido, que al incrementar la dosis de fertilización nitrogenada disminuye la eficiencia funcional de los nódulos, ya que se provoca una acumulación de  $NH_3$  en los nódulos y éste actúa como correpressor de los genes nitrificantes (genes que codifican para la síntesis del complejo enzimático de la nitrogenasa), por lo tanto inhibe la síntesis de tales enzimas del complejo y la consecuencia final es que no se mejora el rendimiento como podría pensarse. (Del Pozo, 1983; Nelson y Barber, 1964 citados por Cázarez, 1988; Grajales, 1987).

En terminos generales, se ha observado que la aplicación de nitrógeno a la alfalfa, una vez establecida da lugar a resultados poco atractivos o de plano antieconómicos (Jenkins y Bottomley, 1984; Malakoudajak et al. 1981:

Nutall, 1976 citadoé por Cázarez, 1988).

Aún así no es raro encontrar respuestas en el rendimiento de materia seca o incremento en el contenido de proteína cruda de la alfalfa al realizar aplicaciones de nitrógeno al cultivo (Feigenbaum y Hadas, 1980; Nelson y Mac Gregor, 1957 citados por Cázarez, 1988).

En términos generales, parece válido señalar que es difícil encontrar respuestas significativas y/o económicas en suelos que van de extremadamente ricos a medianamente ricos como producto de la suplementación mineral de nitrógeno en la alfalfa.

#### 3.2.1.2. Fósforo

Aunque el porcentaje de fósforo en la alfalfa generalmente alcanza sólo 0.2 a 0.4 %, desempeña funciones fundamentales en muchos procesos esenciales de la vida vegetal. Entre los compuestos mas importantes que contienen fósforo están los ácidos nucleicos, los fosfolípidos, el ATP y las enzimas NAD y NADP, que juegan un importante papel en la fotosíntesis, en la síntesis de carbohidratos y proteínas, en el metabolismo de las grasas, en la transferencia de energía y la herencia ( Gauch, 1972; Rhyker y Overdahl, 1972; Grajales, 1987).

La influencia del fósforo es de manera determinante en el crecimiento radical: además, favorece los procesos generativos de la planta tales como la floración y fructificación; regula la asimilación y utilización



nitrogenada por la planta, al permitir el transporte de azúcares en la síntesis proteica (Del Pozo, 1983).

El contenido de fósforo en la leguminosas es relativamente alto; casi similar al del azufre pero nunca tan elevado como el de nitrógeno o el potasio. La respuesta al fósforo es normalmente más marcada durante el período de crecimiento inicial, debido al limitado sistema radicular que hacen depender a la plántula de las aplicaciones localizadas. Por otra parte, un suplemento limitado de fósforo, reduce tanto el número como la eficiencia de las bacterias nodulares (Nelson y Barber, 1964 citados por Cázarez, 1988).

### 3.2.1.3. *Potasio*

El potasio se encuentra en la alfalfa en una concentración más elevada que los demás nutrientes, con excepción del nitrógeno, por lo que con frecuencia constituye el elemento clave para la mayor producción de calidad. Cuando no existe un suministro adecuado de potasio, los cultivares degeneran rápidamente predominando en forma agresiva las malezas (Muslera y Ratera, 1984).

Entre las funciones más importantes del potasio se tienen: La síntesis y degradación de hidratos de carbono y la traslocación del almidón, cuyo resultado es una mayor área foliar y un retraso de la senescencia; Participación en el metabolismo del nitrógeno y la síntesis de proteínas; control y regulación de la actividad nutricional; neutralización de los ácidos orgánicos; activación de

enzimas: estimulación del crecimiento de meristemas. así como del ritmo y de la actividad estomatal; participación en la regulación del contenido hídrico del citoplasma celular. estimulando así la resistencia a la sequía; contribución al incremento de la resistencia de los tejidos vegetales: tornándolos menos sensibles a los efectos del frío y a las invasiones parasitarias (Bolton, 1962; Grajales, 1987; Juscafresca, 1980).

#### *3.2.1.4. Calcio y Magnesio*

El calcio favorece el desarrollo radical y es esencial para la nodulación y fijación simbiótica del nitrógeno. Ejerce cierta influencia en la movilización de carbohidratos y es indispensable para mantener el equilibrio biológico de la planta, actuando como neutralizador de ácido orgánicos. Es pieza fundamental en la constitución de las paredes celulares, además de que influye en la formación y maduración de las semillas. Cuando se presentan niveles deficitarios, es notable la falta de resistencia de las plantas a la sequía y las heladas (Mustera y Ratera, 1984)

El magnesio forma parte de la molécula de clorofila, y resulta esencial para la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos. Intervienen en el metabolismo del nitrógeno y en la síntesis de aceites. Se considera que está asociado con el transporte del fósforo en la planta y, además tiene un papel importante en la activación de enzimas (Gauch, 1972; Mustera y Ratera, 1984; Grajales, 1987).

### *3.2.1.6. Azufre*

El azufre es constituyente de ciertos aminoácidos y vitaminas; influyen en el contenido de ambos, en el nitrógeno total y en la síntesis proteica total de los vegetales. Está relacionado con el metabolismo del nitrógeno y aunque no forma parte de la molécula de clorofila, juega un papel decisivo en su constitución (Gauch, 1972; Muslera y Ratera, 1984; Grajales, 1987).

### *3.2.2. Micronutrientes*

#### *3.2.2.1. Boro*

El boro interviene en los procesos de floración, división celular, metabolismo del nitrógeno y en la translocación de hidratos de carbono. Es importante regulador del metabolismo proteico y del agua, por parte de las células (Bolton, 1962; Gauch, 1972; Mustera y Ratera, 1984).

Las leguminosas son conocidas como especies que requieren veinte veces más boro que las gramíneas (Juscáfresca, 1980) y constituyen probablemente el micronutriente que más factibilidad tiene de limitar la producción de alfalfa (Bolton, 1962).

#### *3.2.2.2. Cobre*

El papel del cobre en las plantas es bastante complejo. Se considera que interviene en el metabolismo radical, en

reacciones de óxido-reducción, además de formar parte de las moléculas de enzimas (Bolton, 1962; Muñlera y Ratera, 1984). Es constituyente de la polifenoloxidasa, ácido ascórbico oxidasa (útil en el último paso de la respiración). Además de otras enzimas como la uricasa, oxidasa citocrómica y galactasa (Gauch, 1972; Grajales, 1987).

### 3.2.2.3. Zinc

El zinc juega un papel muy importante en diversos sistemas enzimáticos, en la absorción hídrica, en el crecimiento y la concentración de auxinas (Gauch, 1972; Muñlera y Ratera, 1984). Parece que ejerce una función prioritaria en el proceso de la fotosíntesis y la formación de clorofilas (Juscafresca, 1980).

Participa como catalizador de las reacciones de óxido-reducción, es constituyente de la enzima anhidrasa carbónica y también necesario para la síntesis del ácido indolacético (Bolton, 1962; Gauch, 1972).

Es constituyente de otras enzimas fundamentales, como la deshidrogenasa glutámica y está involucrado en el metabolismo del nitrógeno, la síntesis de triptófano y en la formación de carbohidratos (Mengel y Kirkby, 1978 citados por Cázarez, 1988).

### 3.2.2.4. Manganeso

El manganeso participa en la síntesis de clorofila y en diversos sistemas de óxido-reducción. Ejerce una notable

influencia en el proceso fotosintético, al incrementar la actividad de ciertos complejos oxidantes. Actúa además, como antídoto en la toxicidad del hierro (Bolton, 1962; Gauch, 1972).

Participa en la inducción de la fotooxidación del agua; es necesario para el mantenimiento de la estructura de los cloroplastos, la fijación del CO<sub>2</sub> y como activador de las B-carboxilasas (Gauch, 1972; Grajales, 1987).

### *3.2.2.5. Hierro*

Aunque el hierro no forma parte de la molécula de clorofila, es un catalizador esencial para su síntesis. Intervienen en la respiración como un componente de los citocromos (Bolton, 1962).

Se ha encontrado que participa en la reducción de nitratos y nitritos y actúa como catalizador en alguna fase de la fijación simbiótica del nitrógeno y la reducción de sulfatos (Gauch, 1972).

### *3.2.2.6. Molibdeno*

El molibdeno tiene una doble función en la nutrición de las leguminosas; cantidades pequeñas son necesarias para la utilización de nitrógeno por parte de la planta y cantidades mayores para propiciar un buen funcionamiento del proceso de fijación simbiótica del mismo elemento (Bolton, 1962; Grajales, 1987).

### 3.3 Fertilizantes orgánicos

#### 3.3.1. Antecedentes

Uno de los reportes mas antiguo sobre el estudio de los fertilizantes orgánicos fue, el realizado por Dragunov en el año de 1936 en cual propuso métodos de elaboración de abonos húmicos utilizando como materia prima la turba y carbones pardos. Al tratar estos con amoniaco gaseoso, se obtiene humato de amonio: neutralizando el excedente con ácido fosfórico, se obtenían fertilizantes que fueron denominados húmofos, y que contenian hasta un 14% de  $P_2O_5$  y cerca de 9-11% de nitrógeno, del cual el 5 % estaba unido al ácido fosfórico (Kononova, 1982).

Las pruebas del Húmofos y Humato de amonio, efectuadas por Logviniva y Sannikova (1936), dieron en general efecto positivo. Pero estos fertilizantes se consideraban como un tipo de abonado básico y por esto se empleaban grandes cantidades. El elevado costo de elaboración de los abonos húmicos y las dificultades en el transporte limitaban su empleo (Kononova, 1982).

Uno de los estudios mas recientes sobre fertilizantes orgánicos a partir de las sustancias húmicas; especialmente de los ácidos húmicos fue iniciado en el año de 1962 por la empresa de los E.U. Kozgro. Conjuntamente con dicha empresa todos los exámenes fueron conducidos con Agencias del Gobierno Federal, Departamento de el Interior, Varios Distritos y Servicio Forestal de los U.S.A., así como del Cuerpo Armado de Ingenieros y varias Universidades Americanas y operaciones agrícolas de California a Virginia y de

Nebraska a Texas. Los hallazgos encontrados hasta el momento han sido mas que favorables en cada método y cultivo examinado.

Kozgro (1991c) define a un fertilizante orgánico comercial como: cualquier material orgánico elaborado que se emplea para fertilizar el suelo, para proporcionar uno o mas nutrientes de la forma mas apropiada para que las plantas los aprovechen.

Foster (1967) define un fertilizante comercial como cualquier material industrial elaborado o sin elaborar que se emplea para fertilizar el suelo; incluye los productos orgánicos, tales como la milorganita, pero no el estiércol de establo.

Dentro de los fertilizantes orgánicos se encuentran los que se aplican directamente al suelo y los que se aplican al área foliar de los cultivos (fertilizantes foliares). De los anteriores los primeros son los que se encargan de aportar y constituir la materia orgánica al suelo y los segundos son los que ayudan a suplir deficiencias nutrimentales rápidamente.

Kozgro (1991a) menciona de la siguiente manera las ventajas de los fertilizantes orgánicos sobre los inorgánicos:

Los fertilizantes orgánicos de Kozgro no son sales, de hecho ayudarán a neutralizar las sales del suelo; se pueden utilizar en todos los cultivos, ya que se puede aplicar directamente al suelo o a la planta; se pueden usar bajo la mayoría de las condiciones, puesto que contienen un equilibrio de los minerales y elementos necesarios para complementar el crecimiento de la planta; no se lixivian o se evaporan ya que cuando entran en contacto con el

suelo o con las plantas rápidamente pasa a formar parte de ellos. Funciona como un mejorador del suelo ya que fomenta la buena estructura del suelo al acumular y alimentar el humus al suelo y al aumentar y fomentar los demás procesos naturales del suelo.

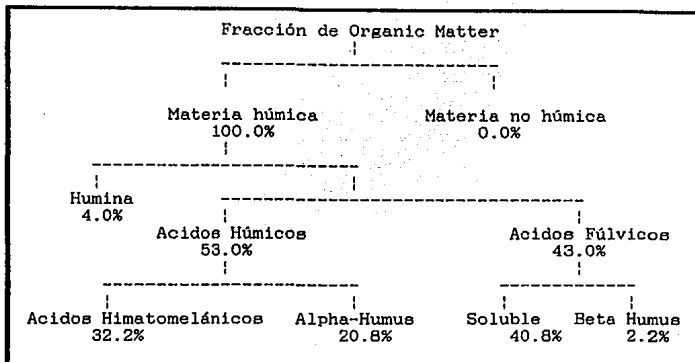
### *3.3.2. Constitución de los fertilizantes orgánicos*

De acuerdo con el reporte del laboratorio "Analytical Chemists and Bacteriologist" "Soil Control Lab" en el certificado del reporte analítico del 21 de diciembre de 1989, utilizando el método clásico de fraccionamiento del humus el cual está basado en la extracción de materia orgánica con sosa orgánica con soda (Na OH) y en la diferenciación del extracto precipitación parcial con HCL y solubilización parcial en alcohol. se obtuvo que el fertilizante orgánico Organic Matter está conformados de la siguiente manera (Cuadro 2), (Kozgro, 1991).

En el Cuadro 2 se muestra dentro de un esquema tradicional el fraccionamiento de la materia orgánica (Tamane, 1986; Fasebender, 1987) y el porcentaje de cada una de las sustancias húmicas que constituyen el fertilizante orgánico humificado, Organic Matter.



Cuadro 2. Fraccionamiento cuantitativo de una fracción de orgánico matter según Kozgros (1991).



### 3.3.3. Origen de los componentes de los fertilizantes orgánicos

El eslabón perdido en la producción agrícola así como en cantidad y calidad son las sustancias húmicas. Muchos productores desean obtener humus en el suelo. El humus es justamente un beneficio de la actividad de las sustancias húmicas (Kozgro, 1991d).

Los fertilizantes orgánicos de Kozgro tienen un balance radionicamente activo de ácido húmico. Todos los ingredientes usados son derivados de origen natural. Ingredientes de sutiles energías han sido examinados por resonancia y balance (Kozgro, 1991d).

La fuente originaria de la materia orgánica y del humus está

formada por los residuos animales y especialmente vegetales que cubren el suelo. La vegetación consta de tallos, hojas flores y frutos, los que al depositarse en la superficie del suelo constituyen la hojarasca o mantillo; cada uno de estos componentes tienen una composición química específica (Fassbender, 1987).

La composición química de la materia orgánica es muy heterogénea pues la cantidad de compuestos químicos que se presentan es infinita. Los restos vegetales y animales son polímeros de compuestos orgánicos que durante el proceso de su transformación son primeramente degradados y despolimerizados hasta sus constituyentes básicos; como en este proceso se produce la formación de componentes inorgánicos (N,P,S), se le da el nombre de mineralización, y los productos orgánicos resultantes constituyen la fracción de materia orgánica no alterada. A través del proceso de humificación subsiguiente, y por medio de síntesis microbiológicas, se producen nuevos componentes, generalmente de coloración oscura y con alto grado de polimerización; estos son los que constituyen la fracción denominada edáfica, por ser propia de los procesos de reorganización ocurridos en el suelo (Fassbender, 1987).

Como se había mencionado en el Cuadro 2 el fertilizante orgánico consta de diferentes fracciones las cuales se definen y constituyen de la manera que a continuación se menciona.

### *3.3.3.1 Materia húmica (sustancias Húmicas)*

Kononova (1982) y Fassbender (1987) las definen como el complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo, que se extrae del suelo por soluciones de álcalis, sales neutra o disolventes orgánicos.

Kononova (1982) citado por Tamane (1986) señala que, las sustancias húmicas se forman por la fijación de amoníaco en complejos de lignina. Fundamentalmente se considera que es un complejo amoniaco lignina.

### *3.3.3.2. Huminas*

Kononova (1982), define a las huminas como el grupo de sustancias húmicas que no se extraen en soluciones alcalinas de un suelo descalcificado (incluso por tratamientos múltiples).

De la revisión de los trabajos de Y. V. Tyurin, Gutkina, D Jan, Zyrin, se deduce que la humina del humus del suelo representan en si ácidos húmicos, en general muy próximos a los ácidos húmicos extraídos del suelo después de su descalcificación y la pérdida de capacidad de disolverse en álcali; se explica no tanto por el cambio de naturaleza de los ácidos, como por la firmeza de su unión con la parte mineral del suelo. Mas sólidamente unidos están los ácidos húmicos con el grupo de la montmorillonita (Jan 1946, 1950) citados por Kononova (1982).

### *3.3.3.5. Acidos Húmicos*

Tiele y Kettnes (1953) citados por Kononova (1982) y Fassbender, (1987) definen a los ácidos Húmicos como sustancias polimeras

coloidales, compuestas de unidades poliestructurales (polímeros), las cuales están constituidas de unidades monoestructurales (mónomeros).

De acuerdo con Kononova (1982) citado por Tamane (1986), los ácidos húmicos se forman por las mixobacterias en descomposición intensa de la celulosa por la interacción de los compuestos nitrogenados orgánicos en el protoplasma mixobacteriano con polifenoles solubles (taninos, lignina y precursores). la reacción es catalizada por las enzimas oxidantes de las mixobacterias. En muchos aspectos, esta opinión comprueba los puntos de vista de Gjeltes, Laatsch y colaboradores (Kononova, 1982). El ácido húmico rico en nitrógeno se presenta en el suelo como producto metabólico y de autólisis de los microorganismos. El ácido húmico se forma mediante un mecanismo que implica la condensación o polimerización de un producto metabólico quinario de los microorganismos en condiciones ligeramente alcalinas.

#### *3.3.3.4. Ácidos Fúlvicos*

La noción sobre los ácidos crénico y apocrénico fue introducida en la primera mitad del siglo XIX por Berzelius (citado por Kononova, 1982).

Según observaciones de Berzelius, al oxidarse en el aire el ácido crénico, que tenía primero un color amarillo claro, se convertía en una sustancia pardo poco soluble, parecida de un aspecto al ácido húmico. Berzelius la denominó ácido apocrénico (Kononova, 1982).

El termino "fulvoácidos" para el crénico y apocrénico fue introducido por Oden: en su descripción los fulvoácidos se distinguen de los ácidos húmicos por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55%) y por su buena solubilidad en agua alcohol, álcalis y ácidos minerales (Kononova, 1982).

#### *3.3.3.5. Acidos Himatomelánicos*

De acuerdo con Hoppe-Seyler (1869) citado por Kononova (1982) se denominó ácido himatomelánico a las sustancias que se extraen con ayuda de alcohol del gel del ácido húmico "crudo" (recién precipitado).

Oden (citado por Kononova, 1982) caracteriza de la siguiente manera el ácido Himatomelánico: carbono cerca del 62%. peso equivalente 250; color marrón chocolate; en agua forma suspensiones y soluciones coloidales; en alcohol soluciones auténticas. Sin embargo también señala la posibilidad de obtener el ácido himatomelánico a partir del húmico por hidrólisis alcalina de éste.

#### *3.3.4. Composición elemental de las sustancias húmicas*

De acuerdo con el Cuadro 3 la composición elemental de las sustancias húmicas mas importantes es la siguiente:

Cuadro 3. Composición elemental de las sustancias húmicas. según Kononova (1982).

Sustancia	Unidades			
	C	H	O	N
Acidos húmicos	52-62	3-5.5	30-33	3.5-5.0
Fulvoácidos	44-49	3.5-5.0	44-49	2.0-4.0
Acido himatomelánicos	60-62	4.44-5.0	30-35	1.5-3.5

### 3.3.5. Características generales de los ácidos húmicos y fúlvicos

Como se puede observar en el Cuadro 2 el ácido húmico y el ácido fúlvico son las sustancias húmicas de mayor concentración e importancia en los fertilizantes orgánicos por lo que a continuación se referirán las características más específicas de los mismos.

#### 3.3.5.1. Ácidos Húmicos

En el grupo de ácidos húmicos están englobadas las materias que se extraen del suelo por disolventes (NaOH, KOH, NH<sub>4</sub>OH, NaHCO<sub>3</sub>, NaF, oxalato sodico, Urea y otros) y que al acidificar con ácidos minerales se precipitan de las soluciones obtenidas en forma de gel oscuro (Kononova, 1982).

#### 3.3.5.2. Naturaleza química

Los datos de la composición elemental indican que los ácidos

húmicos poseen una naturaleza muy particular, esencialmente distinta a la de cualquier sustancia vegetal.

En los datos expuestos en el Cuadro 3 se señala la compleja composición elemental de las estructuras de los ácidos húmicos y la participación de una serie de componentes característicos en su formación (Kononova, 1982).

#### *3.3.5.3 Núcleo aromático*

Entre los productos de oxidación de los ácidos húmicos se han encontrado derivados de fenoles y quinonas, ácidos benzocarboxílicos y también ácidos orgánicos de bajo peso molecular (oxálico, maleico), los cuales son producto de desintegración de los anillos benzoicos y furánicos. Al fundir con álcalis los ácidos húmicos de suelos y turbas, se han encontrado el ácido protocatéuico y la pirocatequina (Shumuk, 1924; Dragunov, Zhelobjovtseva, Strelkova, 1948, citados por Kononova, 1982).

#### *3.3.5.4. Nitrógeno*

En la actualidad el nitrógeno se considera como parte constitucional de las moléculas de los ácidos húmicos; su contenido es del 3.5-5.0 %. Por investigaciones anteriores se había establecido que, en la hidrólisis ácida de los ácidos húmicos, aproximadamente la mitad del nitrógeno pasa a la solución; esta parte está representada por, amidas, mono y diaminoácidos, cuya relación, igual a 25:65:10, resultó ser característica para las proteínas de origen animal y vegetal. La

composición de los aminoácidos que entran en la parte nitrogenada de los ácidos húmicos (Kononova, 1982).

#### *3.3.5.5. Sustancias reductoras*

Hayashai y Nagai, 1961b) citados por Kononova (1982) que emplearon el método de cromatografía distributiva sobre papel, encontraron en los hidrolizados ácidos de los ácidos húmicos sustancias reductoras (pentosas, hexosas) y también amino azúcares y otros compuestos de carbohidratos.

#### *3.3.5.6. Grupos funcionales*

Para los ácidos húmicos son característicos los grupos funcionales carboxilos e hidroxilos fenólicos, cuyo hidrógeno es susceptible a las reacciones de sustitución. Por presencia de estos grupos se determinan las propiedades ácidas y la capacidad de cambio de los ácidos húmicos (Kononova, 1982).

#### *3.3.6. Principio de la estructura de las moléculas*

En la actualidad los ácidos húmicos se refieren a la categoría de los compuestos polímeros; están constituidos por monómeros, formados a su vez por unidades estructurales, los cuales tienen un peso molecular que oscila entre 700 y 1 400, de estructura amorfa y representan en sí esferocoloides (Kononova, 1982).

#### *3.3.6.1 Ácidos Fúlvicos*

Según los datos de Tyurin y Ponomavera los fulvoácidos pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxílicos; en la hidrólisis ácida forman sustancias reductoras y furfural. Los fulvoácidos tienen alta capacidad de cambio ( hasta 700 meq/100 g de



sustancia) y actúan destructivamente sobre los minerales; son propensos a formar compuestos complejos con  $R_2O_3$ , que poseen gran movilidad.

#### 3.3.6.2. *Núcleo aromático*

Los ácidos fúlvicos poseen estructura aromática, contienen grupos metoxilos, carboxilos e hidroxilos fenólicos; en una palabra los mismos grupos que son característicos para los ácidos húmicos.

#### 3.3.6.3. *Nitrógeno*

Igual que los ácidos húmicos, los fulvoácidos contienen nitrógeno, al hidrolizar los fulvoácidos con HCL 6n. se encontró que el 20-30 % de su nitrógeno pasa a la solución, en la que descubrió una gran diversidad de aminoácidos.

Es característica la elevada movilidad del nitrógeno de los fulvoácidos; ya en la hidrólisis con una solución del 2 % de HCL a la solución pasa el 70 % de la cantidad total.

#### 3.3.6.4. *Sustancias reductoras*

En la composición de los fulvoácidos hay aminoazúcares (Stevenson, 1960a, citado por Kononova 1982). Por lo visto, los fulvoácidos contienen sustancias reductoras y, posiblemente, en cantidades mayores que los ácidos húmicos. Así, en la hidrólisis de los fulvoácidos mediante una solución de  $H_2SO_4$ , Tyurin (1904b, citado por Kononova (1982) determinó que las sustancias reductoras constituyen en ellos un 20-25 %.

De todo lo expuesto, se deduce que los fulvoácidos poseen en esencia unidades estructurales similares a las de los ácidos

húmicos. se caracterizan por la presencia de una fracción nuclear poco pronunciada (rejillas aromáticas del carbono) con predominio de cadenas laterales. Esto da fundamento para considerarlo como los representantes menos <<maduros>> del grupo de los ácidos húmicos (Kononova, 1982).

### *3.3.7. Funciones de los ácidos húmicos y fúlvicos en el suelo y planta.*

En el suelo los ácidos húmicos y fúlvicos cumplen funciones muy importantes de las cuales se mencionan las siguientes:

Los ácidos húmicos inmovilizan las sustancias minerales, y la unión por medio de cationes intercambiables de materia orgánica con la fracción inorgánica bloquean posiciones de cambio, y así puede ocurrir que la destrucción de dicha materia aumente la capacidad de cambio catiónico de un suelo (Fassbender, 1987).

El ácido húmico tiene efecto sobre la quelatación de los nutrientes, así como un efecto benéfico para la captación y retención de humedad y ayuda a desarrollar sus funciones a los organismos del suelo (Kozgros, 1991e).

Los ácidos húmicos y fúlvicos ayudan a la formación de estructura en los suelos, formando agregados de aspecto lustroso los ácidos fúlvicos y de un aspecto poroso los formados con ácidos húmicos. (Kononova, 1982)

En la planta los ácidos húmicos y fúlvicos cumplen funciones muy importantes de las cuales se mencionan las siguientes:

Guminski (1957) citado por Kononova (1982) demostró que los ácidos húmicos regulan el estado óxido-reductor del medio en el que se desarrollan las plantas.

Jristieva (1947, 1948, 1949) citado por Kononova (1982) basándose en los conceptos actuales sobre la naturaleza aromática de los ácidos húmicos y la participación de los polifenoles en su formación, considera que los ácidos húmicos, entrando en la planta en las fases tempranas de su desarrollo, son una fuente adicional de polifenoles que sirven de catalizadores de la respiración.

Los ácidos húmicos y fúlvicos ejercen un efecto estimulante en la formación de raíces (Kononova, 1982).

Las investigaciones de Rypacek y sus colaboradores han demostrado que distintas sustancias húmicas influyen en la estructura anatómica y, en particular, aceleran la diferenciación del punto de crecimiento (Kononova, 1982).

El aumento de la permeabilidad de las membranas vegetales en presencia de ácidos húmicos fueron confirmadas por Prosorovskaya (1938) (Kononova, 1982) citados por Kozgro, 1991f).

Ha sido establecido que bajo el efecto de las sustancias húmicas, se eleva la actividad de los fermentos sintetizantes, en especial aldolasa y sacarasa, lo que conduce a la acumulación de carbohidratos solubles en la planta. Con esto está relacionada una elevación de la presión osmótica en la planta, lo que contribuye a una mayor resistencia al marchitamiento en los

períodos de sequedad en el aire (Flaig, 1958a; citado por Kononova, 1982).

Es interesante que la influencia de los distintos grupos de sustancias húmicas (extracto alcohólico, ácidos húmicos y fulvoácidos) en el desarrollo de la planta, procesos de respiración, contenido de clorofila y metabolismo, se manifieste también en el caso en que se pulverizan con soluciones de sustancias húmicas las partes aéreas de la planta (Sladky, Tichy, 1959; citados por Kononova, 1982).

#### IV. MATERIALES Y METODOS

##### *4.1. Aspectos generales de la área experimental.*

##### *4.1.1 Localización.*

El área experimental se encuentra localizada en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, ubicada a 30 km. al Norte de la ciudad de México; en la cuenca del Valle de México, al Oeste de la cabecera del Municipio de Cuautitlán, Estado de México.

El Municipio de Cuautitlán geográficamente se encuentra entre los 19237' y los 992 45' latitud Norte y entre los 992 07' y los 992 14' latitud Oeste a una altitud de 2250 msnm, limita al Sur con el Municipio de Tultitlán, al Suroeste con Tultepec, al Este con Melchor Ocampo, al Norte con Teoloyucan, al Noroeste con Zumpango y al oeste con Tepozotlán (Moran, 1990).

##### *4.1.2. Características Edáficas.*

Los suelos de la FES-Cuautitlán como la mayor parte de la zona, son de formación aluvial y se originaron a partir de la depositación de material igneo derivado de las partes altas.

De acuerdo con la clasificación FAO-Detenal (S.P.P., 1981), estos suelos han sido clasificados como Vertisoles pélico (Vp); son suelos de más de 1 metro de profundidad, presentan una textura fina, arcillosa, pesados, difíciles de manejar por ser plásticos y muy adhesivos cuando están húmedos; son

duros y forman grietas cuando se secan, y pueden ser impermeables al agua de riego o lluvia.

#### *4.1.3. Características climáticas.*

De acuerdo con el sistema de Köppen modificado por García el clima para la región de Cuautitlán corresponde al C (Wo)(w)b(1'); templado, el mas seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, e invierno seco. Las temperaturas medias mensuales, oscilan entre 17-18.5°C; que coinciden con la época de lluvias.

La temperatura máxima promedio es de 26.5°C durante los meses de abril, mayo y junio, y la mínima promedio es de 2.3°C en enero y febrero, aunque la presencia de heladas es muy marcada durante los meses de diciembre-febrero.

La precipitación media anual es de 605 mm; siendo julio el mes más lluvioso con 123.9 mm y febrero el mes más seco con 3.8 mm. Las probabilidades de lluvia son menores de 50%.

(García, 1981)

#### *4.1.4. Características de la parcela experimental*

##### *4.1.4.1. Ubicación de la parcela experimental.*

La parcela experimental se encuentra ubicada dentro de los terrenos de la FES-Cuautitlán, específicamente en la parcela número 13.

##### *4.1.4.2. Características agronómicas.*

En el Cuadro 4 se muestran las características agronómicas de la parcela 13.

Cuadro 4. Características agronómicas de la parcela 13.

Cultivo establecido	Alfalfa
Tiempo de establecido	2 años
Variedad	Aragón
Uso	Producción de forrajes
Manejo	Mecanizado
Fertilizaciones	Nitrógeno no se aplicó Fósforo se aplicó la dosis total para 5 años

#### 4.1.4.3. Características edáficas.

De acuerdo con el análisis de suelo realizado para el establecimiento del experimento, la parcela experimental contó con las siguientes características edáficas: pH 6.83, C.E. 109 mmhos/cm, 2.58% M.O., 0.16% N. 155 ppm P. 1.30 meq/100gr K, 12.97 meq/100gr Ca. 8.40meq/100gr Mg, 0.37 meq/100gr Na; 33% arena, 23% limo, 43% arcilla; de acuerdo a estos porcentajes la clasificación textural corresponde a un suelo arcilloso.

#### 4.1.4.4. Sistema de cosecha

El sistema de cosecha que normalmente se utiliza en la FES-Cuautitlán para el cultivo de alfalfa es de forma mecanizada ya que de esta manera es más rápida y se obtiene una altura de corte más uniforme

El sistema de cosecha que se utilizó en la parcela experimental fue de forma manual, con guadaña, tratando de dejar una altura de corte uniforme; realizando el corte de toda la parcela experimental el mismo día.

## 4.2. Fertilizantes a Evaluar

### 4.2.1. Organic matter

Descripción: Fertilizante 100% orgánico derivado del ácido húmico activo aniónico, por lo cual funciona como generador de humus; no tóxico.

Presentación: Líquido miscible de color café oscuro y con olor característico.

Formulación: De acuerdo al reporte analítico del laboratorio (Oil Control Lab) Organic Matter tiene la siguiente composición:

#### CERTIFICADO DEL REPORTE ANALITICO

Material: Producto de Kozgro bajo el nombre de Organic Matter, recibido el 28 de nov. de 1989.

Reporte: Los resultados del análisis químico cuantitativo están expresados como miligramos por litro (partes por millón).

pH	9.1
Nitrógeno total (N)	1200
Nitrógeno de nitratos (N)	<1.0
Nitrógeno amoniacal (N)	<1.0
Nitrógeno orgánico (N)	>1100
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	16
Potasio (K <sub>2</sub> O)	24000
Cobre (Cu)	5.2
Zinc (Zn)	41
Hierro (Fe)	190



Manganeso (Mn)	3.0
Boro (B)	2.2
Calcio (Ca)	270
Magnesio (Mg)	260
Azufre (S)	80
Total de sales disueltas	37000
Sodio (Na)	5400
Cloro (Cl)	23
Total de materia orgánica	10.0%
Total de carbón orgánico	5.9%

Fuente: Kozgro, 1989, Kozgro Organic Matter and Kozgro Foliar Power, Niles-Illinois, USA.

Cultivos: Se utiliza en todos los cultivos.

Dosis: Según el cultivo es la dosis a recomendar, para el cultivo de alfalfa, la dosis para la primera aplicación es de 8 l/Ha. y para las aplicaciones de mantenimiento 4 l/Ha.

Aplicaciones:

Epoca: Para el cultivo de alfalfa se realizan las siguientes aplicaciones; La primera aplicación se debe realizar antes de sembrar; las aplicaciones de mantenimiento se realizan después de cada corte.

Lugar: Este producto se aplica directamente al suelo. De preferencia realizar la aplicación antes del medio día.

Modo de acción: Al aplicarse al suelo el producto Organic Matter se mezcla con el suelo y libera gradualmente los elementos nutritivos, los cuales son absorbidos por las raíces de los cultivos; además ayuda a generar humus en el

suelo.

Forma: Esencialmente todos las formas de aplicación funcionan. Los equipos de aspersión funcionan mejor ya que el producto se aplica directamente al suelo. El producto Organic Matter puede aplicarse, además, a través de casi todos los tipos de sistemas de irrigación como aspersores, hidráulica fluvial y sistemas de goteo.

Para aspersiones aéreas y terrestres se debe utilizar un volumen de 100 lts/Ha y 400 lts/Ha de agua, respectivamente. No aplicar con vientos mayores de 10 kilómetros por hora.

Mezcla: Se debe mezclar con ARN 10a dilución. (Kozgro, 1991g,h).

#### 4.2.2. Foliar Power (7a dilución)

Descripción: Fertilizante foliar, 100% orgánico, no tóxico.

Presentación: Líquido miscible, incoloro e inodoro.

Formulación: De acuerdo al reporte analítico del laboratorio (Oil Control Lab) Foliar power tiene la siguiente composición:

#### CERTIFICADO DEL REPORTE ANALITICO

Material: Producto de Kozgro bajo el nombre de Foliar Power, recibido el 18 de marzo de 1988.

Reporte: Los resultados del análisis químico cuantitativo están expresados como miligramos por litro (partes por millón).

pH	6.9
Nitrógeno total (N)	110
Nitrógeno de nitratos (N)	<1.0
Nitrógeno amoniacal (N)	12
Nitrógeno orgánico (N)	>98
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	7
Potasio (K <sub>2</sub> O)	480
Cobre (Cu)	0.05
Zinc (Zn)	1.0
Hierro (Fe)	5.7
Manganeso (Mn)	0.05
Boro (B)	0.6
Calcio (Ca)	44
Magnesio (Mg)	1.0
Azufre (S)	5
Total de sales disueltas	1300
Sodio (Na)	110

Fuente: Kozgro, 1989, Kozgro Organic Matter and Kozgro Foliar Power  
Niles-Illinois, USA.

Cultivos: Se utiliza en todos los cultivos.

Dosis: Según el cultivo es la dosis a recomendar, para el cultivo de alfalfa, la dosis para la primera aplicación es de 8 l/Ha. y para las aplicaciones de mantenimiento 4 l/Ha.

Aplicaciones:

Época: En el cultivo de alfalfa se realizan la siguientes aplicaciones; La primera aplicación se debe realizar después de sembrar cuando el cultivo alcance una altura de 5-15 cm.

Las aplicaciones de mantenimiento se realizan después de cada corte, cuando el cultivo tenga una altura 5-15 cm.

Lugar: Este producto se aplica directamente al área foliar. De preferencia realizar la aplicación antes de las 12 hrs.

Modo de acción: Foliar Power es absorbido rápidamente por las hojas y transportado hacia las zonas de demanda.

Forma: La aplicación del producto debe realizarse por medio de aspersiones terrestres o aéreas.

Para aspersiones aéreas y terrestres se debe utilizar un volumen de 100 lts/Ha y 400 lts/Ha de agua, respectivamente.

No aplicar con vientos mayores de 10 kilómetros por hora (Kozgro, 1991g,1).

#### 4.2.3. ARN (10a dilución).

Descripción: Neutralizador de lluvia ácida, 100% orgánico, no tóxico.

Presentación: Líquido miscible, inodoro e incoloro.

Formulación: No se conoce.

Cultivos: Se puede utilizar en todos los cultivos.

Dosis: Según el cultivo es la dosis a recomendar. Para el cultivo de alfalfa, la dosis para la primera aplicación es de 20 l/Ha. La dosis para las aplicaciones de mantenimiento es de 8 l/Ha.

Epoca: Para el cultivo de alfalfa se realizan las siguientes aplicaciones; La primera aplicación se debe realizar antes de sembrar; las aplicaciones de mantenimiento se realizan después de cada corte.

Lugar: Este producto se aplica directamente al suelo.

de preferencia realizar la aplicación antes de las 12 hrs.  
Modo de acción: Al aplicarse al suelo el producto se mezcla con el mismo y ayuda a la corrección del daño causado por pesticidas y herbicidas al suelo y a los cultivos cuando estos lo absorben.

Forma: Esencialmente todas las formas de aplicación funcionan. Los equipos de aspersión funcionan mejor ya que el producto se aplica directamente al suelo. El producto ARN puede aplicarse, además, a través de casi todos los tipos de sistemas de irrigación como aspersores, hidráulica fluvial y sistemas de goteo.

Para aspersiones aéreas y terrestres se debe utilizar un volumen de 100 lts/Ha y 400 lts/Ha de agua, respectivamente. No aplicar con vientos mayores de 10 kilómetros por hora.

Mezcla: Se puede mezclar con Organic Matter (Kozgro, 1981j).

### 4.3. Metodología experimental

#### 4.3.1. Diseño experimental.

Se empleó un arreglo en bloques al azar, tomando como gradiente la pendiente, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Para el acomodo de los tratamientos en el diseño experimental se realizó un sorteo, el cual se muestra en el Cuadro 7.

#### 4.3.2. Tratamientos

En los Cuadros 5 y 6 se muestran los tratamientos que se manejaron en la evaluación.

Cuadro 5. Tratamientos para la primera aplicación

Tratamiento	Dosis a aplicar (ml/40m <sup>2</sup> )		
1	Testigo	-----	-----
2	36 O.M.	36 F.P.	84 ARN
3	32 O.M.	32 F.P.	80 ARN
4	28 O.M.	28 F.P.	76 ARN

Nota: O.M.- Organic Matter

F.P.- Foliar Power

ARN.- Neutralizador de lluvia ácida

Cuadro 6. Tratamientos para la aplicación de mantenimiento

Tratamiento	Dosis a aplicar (ml/40m <sup>2</sup> )		
1	Testigo	-----	-----
2	20 O.M.	20 F.P.	36 ARN
3	16 O.M.	16 F.P.	32 ARN
4	12 O.M.	12 F.P.	28 ARN

Cuadro 7. Acomodo de los tratamiento en el diseño experimental

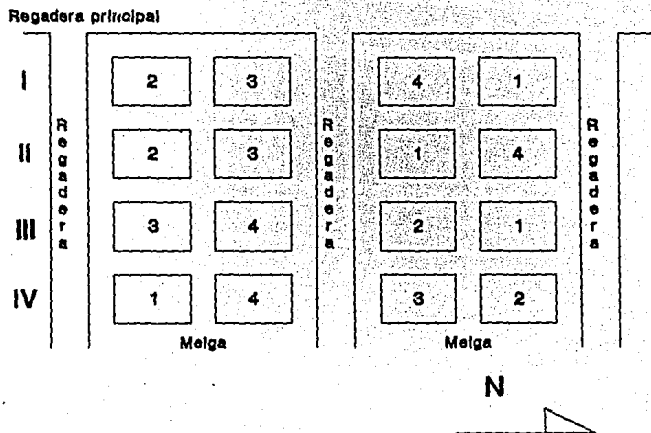
Bloque I	2	3	4	1
Bloque II	2	3	1	4
Bloque III	3	4	2	1
Bloque IV	1	4	3	2

#### 4.3.3. Delimitación del área experimental.

De acuerdo con el diseño experimental, se delimitaron las unidades experimentales las cuales constaron de 40 m<sup>2</sup> (4 X 10) cada una, dejando una distancia de 1 metro entre unidades y 2 metros entre bloques.

En el Cuadro 8 se muestra como se estableció el diseño experimental en la parcela.

Cuadro B. Ubicación del diseño experimental en la parcela.



I, II, III, IV BLOQUES

1, 2, 3, 4 TRATAMIENTOS



#### 4.3.4. Equipo de aplicación.

La aplicación de los productos se realizó con una aspersora manual swissmex de polietileno tipo 425, con boquilla de abanico.

#### 4.3.5. Aplicación de los tratamientos.

Para la aplicación de los tratamientos se realizó un corte a todas las unidades experimentales, con el fin de uniformar el tamaño de las plantas, ya que se trabajó sobre un alfalfar ya establecido.

Una vez listas las unidades experimentales se procedió a aplicar los tratamientos por bloque, como se describe en el Cuadro 7, iniciando con las dosis de los tratamientos que se mencionan en el Cuadro 5; y en los cortes sucesivos se aplicaron las dosis de los tratamientos descritos en el Cuadro 6, para lo cual se utilizó un recipiente previamente calibrado en el que se cuantificaba la cantidad de agua a utilizar y en este mismo se vaciaba la dosis correspondiente a aplicar, la que se medía por medio de una probeta. Posteriormente se procedía a mezclarlos perfectamente y vaciarlos en la mochila.

#### 4.3.6. Variables a evaluar.

- a) Rendimiento en peso seco (Kg/Ha).
- b) Altura de la planta (cm).
- c) Contenido de proteína (%).
- d) Cenizas

e) Fibra

4.3.7. *Toma de muestras.*

La toma de muestras se realizó cuando la etapa fenológica del cultivo se encontraba en prefloración o a un 10% de floración, lo cual se presentó aproximadamente a los 30-40 días después de cada corte; esto fue dependiendo de las condiciones climáticas presentes.

Se realizaron 4 evaluaciones en las siguientes fechas; 4 de septiembre, 20 de octubre, 28 de noviembre de 1991 y 10 de enero de 1992.

Con el objeto de evaluar el rendimiento de materia verde y materia seca se obtuvieron 5 muestras al azar de cada unidad experimental con un cuadro de 0.33 X 0.33 m; cada muestra obtenida fue colocada en una bolsa de plástico y fue pesada inmediatamente en una balanza granataria. Posteriormente se mezclaron perfectamente las 5 muestras de cada unidad experimental y se tomó una muestra de la muestra compuesta, se pesó y se llevó a secar a la estufa con aire forzado a 60°C durante 24 horas. Al terminar el proceso de secado se pesaron las muestras y se obtuvo el % de materia seca por medio de la siguiente fórmula: (Morfin, 1991)

$$\% \text{ de m. s.} = \frac{\text{Gramos de materia seca}}{\text{Gramos de la muestra}} \times 100$$

Posteriormente se obtuvieron los rendimientos de materia seca por hectárea con la siguiente fórmula: (Morfin, 1991)

$$\text{Peso fresco de la muestra } \times \% \text{ de m.s. } \times 1000 \\ \text{kg/Ha de m.s.} = \frac{\quad}{\quad}$$

1000

Para evaluar altura de planta se tomaron 50 plantas por medio de un muestreo en zig-zag las cuales se cortaron a la altura de la corona; en cada unidad experimental y posteriormente se midieron.

Para evaluar la calidad bromatológica se seleccionaron 50 tallos por medio de un muestreo en zig-zag los cuales se cortaron a la altura de la corona y se depositaron en bolsas de papel posteriormente se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C durante un mínimo de 48 horas. Después de este proceso, las muestras se molieron en un molino de Wiley con una malla 40 y se depositaron en bolsas de polietileno; para enviarlas al laboratorio para su análisis, donde se determinó M.S. (materia seca), M.O. (materia orgánica), Cenizas, P.C. (proteína cruda) y F.D.N. (fibra detergente neutro). (Morfin, 1991)

Se realizó un muestreo de suelo de cada uno de los tratamientos de la evaluación realizando 6 extracciones con la barrena por unidad experimental; posteriormente se mezclaron todos los números iguales de todos los bloques y se conformó una muestra compuesta, la cual se puso a secar a la sombra y se

envió para su análisis al laboratorio, donde se realizaron determinaciones de pH, CE (conductividad eléctrica), % de arena, limo y arcilla, M.O ( materia orgánica), Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio.

Con la finalidad de analizar estadísticamente los resultados producto de las cuatro evaluaciones realizadas, se procedió a realizar análisis de varianza de las variables materia seca, materia verde, altura de planta, proteína cruda, materia seca de laboratorio, cenizas y fibra, con el auxilio del Sistema de Cómputo Electrónico SAS.

El modelo estadístico empleado fue:

$$Y_{1j} = U + B_i + t_j + e_{1j}$$

Donde:

$i$  = bloques

$j$  = tratamientos

$U$  = efecto medio del experimento

$B_i$  = efecto de bloque

$t_j$  = efecto del tratamiento

$e_{1j}$  = error experimental causado por repeticiones

Para comparar las medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey (DSH) al 5% de probabilidad. Finalmente se realizó una correlación entre las medias de los tratamientos.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Rendimiento en materia verde

De acuerdo con los análisis de varianza realizados para los rendimientos de materia verde (Anexo 1) se observó que en ninguna de las cuatro evaluaciones se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos manejados.

No obstante que la diferencias que se registraron no fueron significativas, en la Gráfica 1 se puede observar el comportamiento de los tratamientos, donde en la primera evaluación el tratamiento I (testigo) fue el que presentó el rendimiento mas alto (13.50 ton/ha) y el tratamiento III el que registró el menor rendimiento (11.93 ton/ha) lo que representa una diferencia de 1.56 ton/ha es decir un 12 % de diferencia entre el rendimiento mas alto y el mas bajo. En la segunda evaluación se observó que el tratamiento I (testigo) fue el que presentó el rendimiento mas alto (9.45 ton/ha) y el tratamiento IV el que presentó el rendimiento mas bajo (8.39 ton/ha), con lo cual hubo una diferencia de 1.06 ton/ha entre estos tratamientos, lo que representa un 12 % entre la diferencia de los rendimientos de ambos tratamientos. En la tercera evaluación el tratamiento III fue el que presento el rendimiento mas alto (9.107 ton/ha) y el rendimiento mas bajo lo registro el tratamiento I (8.062 ton/ha), la diferencia entre ambos rendimientos fue de 1.045

ton/ha lo que representa un 11.5 % entre la diferencia de los rendimientos de los mencionados tratamientos. En la cuarta evaluación se registró el tratamiento II con el rendimiento mas alto (18.459 ton/ha y tratamiento I con el rendimiento mas bajo (16.254 ton/ha), observándose una diferencia entre estos de 2.205 ton/ha, es decir un 12 % de diferencia entre los rendimientos de los dos tratamientos.

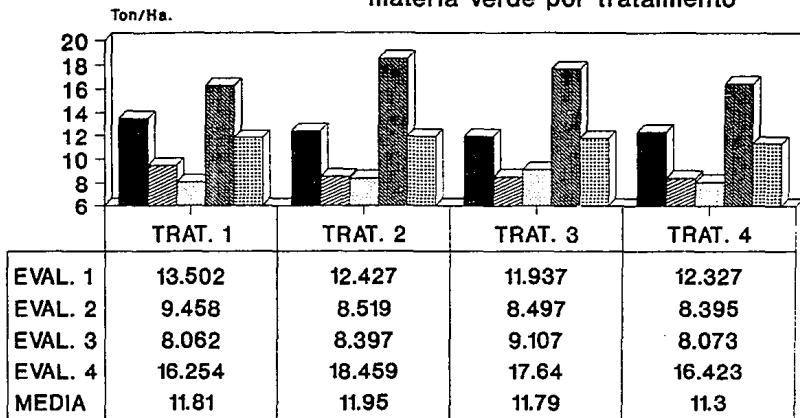
Al gráficar los rendimientos promedio de los cuatro tratamiento para las cuatro evaluaciones (Gráfica 1) se puede observar que el tratamiento II (dosis mas alta) es el que presenta el rendimiento promedio mas alto (11.95 ton/ha, a este le sigue el tratamiento I (testigo) con un rendimiento promedio 11.81 ton/ha, posteriormente sigue el tratamiento III ( dosis recomendada por el fabricante) con un rendimiento promedio de 11.79 ton/ha y por último el rendimiento promedio mas bajo 11.30 ton/ha que le corresponde al tratamiento IV. Con lo cual se observo que el cultivo presento una mejor respuesta a la dosis de fertilización mas alta (tratamiento II). Esto se puede deber, que al incrementar el nivel nutricional del suelo, la planta tiene una mayor posibilidad de obtener, los elementos necesarios para su desarrollo, en este caso dicho elemento viene a ser el nitrógeno, lo cual se ve reflejado en el rendimiento. En las primeras evaluaciones, el testigo constituyó el tratamiento de mayor rendimiento sin embargo a medida que se avanzó en el proceso evaluatorio, se fue rezagando hasta el último lugar; lo cual es

Cuadro 9. Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable materia verde.

Primera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N TRAT	
A	13.502	4	1
A	12.427	4	2
A	12.327	4	4
A	11.937	4	3
Segunda evaluación			
Grupos Tukey	Media	N TRAT	
A	9.458	4	1
A	8.519	4	2
A	8.497	4	3
A	8.395	4	4
Tercera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N TRAT	
A	9.107	4	3
A	8.397	4	2
A	8.073	4	4
A	8.062	4	1
Cuarta evaluación			
Grupos Tukey	Media	N TRAT	
A	18.459	4	2
A	17.640	4	3
A	16.423	4	4
A	16.254	4	1

\*\* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

**Gráfica 1. Rendimiento promedio de materia verde por tratamiento**



EVAL. 1     
  EVAL. 2     
  EVAL. 3  
 EVAL. 4     
  MEDIA



un indicador del efecto positivo de los productos aplicados. aun cuando no existiese diferencia significativa.

### *5.2. Rendimiento en materia seca*

En cuanto a los análisis de varianza realizados para los rendimientos de materia seca (Anexo 2) se observó que en ninguna de las cuatro evaluaciones se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos manejados.

A pesar de que las diferencias que se registraron no fueron significativas, en la gráfica 2 se puede observar que los tratamientos se comportaron de la siguiente manera. para la primera evaluación el tratamiento I (testigo) fue el que presentó el rendimiento mas alto (295.31 Kg/ha) y el tratamiento III el que registro el rendimiento mas bajo (243.53 Kg/ha) lo que representa una diferencia de 58.78 Kg/ha. Es decir un 17.5 % de diferencia entre el rendimiento mas alto y el mas bajo. En la segunda evaluación se observó que el tratamiento I (testigo) fue el que presentó el rendimiento mas alto (191.34 Kg/ha) y el tratamiento II el que presento el rendimiento mas bajo (168.58 Kg/ha), con lo cual hubo una diferencia de 22.76 Kg/ha entre estos tratamientos. lo que representa un 11.9 % entre la diferencia de los rendimientos de ambos tratamientos. En la tercera evaluación el tratamiento III fue el que presento el rendimiento mas alto (185.63 Kg/ha) y el rendimiento mas bajo lo

registro el tratamiento IV (163.65 Kg/ha), la diferencia entre ambos rendimientos fue de 21.98 kg/ha que representa un 11.8 % entre la diferencia de los rendimientos de los mencionados tratamientos. En la cuarta evaluación se registro el tratamiento III con el rendimiento mas alto (490.57 Kg/ha) y tratamiento I con el rendimiento mas bajo (474.13), observándose una diferencia entre estos de 16.44 Kg/ha, es decir un 3.35 % de diferencia entre los rendimientos de los dos tratamientos.

Al graficar los rendimientos promedio de los cuatro tratamiento para las cuatro evaluaciones (Gráfica 2) se puede observar que el tratamiento I (testigo) es el que presenta el rendimiento promedio mas alto 282.19 Kg/ha, a este le sigue el tratamiento II (mas alta) con un rendimiento promedio 277.25, posteriormente sigue el tratamiento III (dosis recomendada por el fabricante) con un rendimiento promedio de 272.25 Kg/ha y por ultimo el rendimiento promedio mas bajo 231.59 Kg/ha que le corresponde al tratamiento IV.

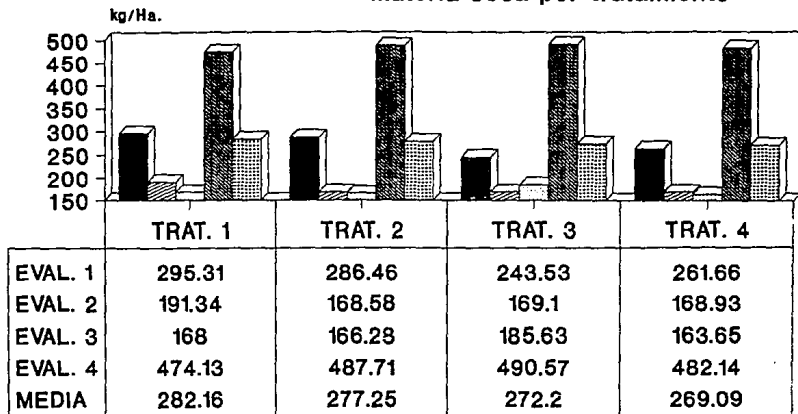
No obstante que en el rendimiento de materia verde se observo que el tratamiento II fue el que presento el rendimiento mas alto, para materia seca no ocurri6 así ya que el tratamiento I fue el mejor, lo cual se puede deber que al incrementar los niveles de nitr6geno en la soluci6n de suelo y aplicar una aspersion foliar, si hay una absorci6n, pero no ocurre una asimilaci6n del mismo, por lo cual no se ve reflejado en el incremento en materia seca.

Cuadro 10. Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable materia seca.

Primera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	295.31	4	1
A	286.46	4	2
A	261.66	4	4
A	243.53	4	3
Segunda evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	191.34	4	1
A	169.10	4	3
A	168.93	4	4
A	168.58	4	2
Tercera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	185.630	4	3
A	168.002	4	1
A	166.287	4	2
A	163.657	4	4
Cuarta evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	490.57	4	3
A	487.71	4	2
A	482.14	4	4
A	474.13	4	1

\*\* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Gráfica 2. Rendimiento promedio de materia seca por tratamiento



### 5.3. Altura de planta

De acuerdo con los análisis de varianza realizados se observó que para la primera evaluación, segunda y tercera evaluación se registraron diferencias estadísticamente significativas y para la cuarta evaluación no se presentaron (Anexo 3). La comparación de medias (Cuadro 11) por el método de tukey (0.05) muestra que: para la primera evaluación el tratamiento III es diferente al II, IV y I ya que registró la mayor altura de planta (36.39) cm. sin embargo los tratamientos II, IV y I son iguales. En la segunda evaluación se observa que el tratamiento III aunque presenta la altura de planta mayor (36.78) cm. es igual al tratamiento II con una altura de planta de (34.43) cm. pero es diferente al IV y I sin embargo el tratamiento II es igual al tratamiento IV y I. Para la tercera evaluación se observó que el tratamiento III aunque presenta la mayor altura de planta (35.32) es igual a los tratamientos II y IV los cuales presentan una altura de planta de (33.05) y (32.88) respectivamente, sin embargo el tratamiento II, IV y I son iguales.

De manera general, se observó que con una dosis de fertilización del tratamiento III (dosis recomendada por el fabricante) se obtienen plantas de mayor tamaño como se puede observar en la Gráfica 3. Sin embargo estos tamaños no causaron incrementos en los rendimientos de materia verde y materia seca como se pueden constatar en el Cuadro 12 donde se muestran los coeficientes de correlación entre altura de planta y el rendimiento en materia

Cuadro 11. Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable altura de planta.

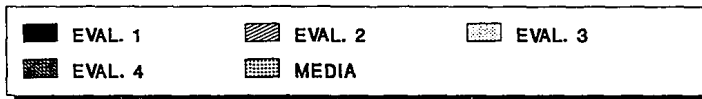
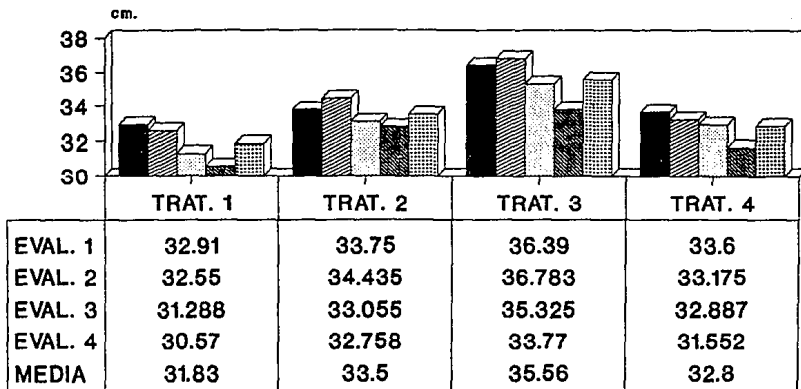
Primera evaluación			
Grupos Tukey		Media	N TRAT
	A	35.390	4 3
	B	33.750	4 2
	B	33.600	4 4
	B	32.910	4 1
Segunda evaluación			
Grupos Tukey		Media	N TRAT
	A	36.783	4 3
B	A	34.435	4 2
B		33.175	4 4
B		32.550	4 1
Tercera evaluación			
Grupos Tukey		Media	N TRAT
	A	35.325	4 3
B	A	33.055	4 2
B	A	32.887	4 4
B		31.288	4 1
Cuarta evaluación			
Grupos Tukey		Media	N TRAT
	A	33.770	4 3
	A	32.756	4 2
	A	31.552	4 4
	A	30.570	4 1

\*\* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 12. Coeficientes de correlación entre altura de planta, materia verde y materia seca.

Primera evaluación			
	MV	MS	AP
MV	1.00000	0.73860	-0.44345
MS	0.73860	1.00000	-0.46515
AP	-0.44345	-0.46515	1.00000
Segunda evaluación			
	MV	MS	AP
MV	1.00000	0.96350	-0.41939
MS	0.96350	1.00000	-0.45324
AP	-0.41939	-0.45324	1.00000
Tercera evaluación			
	MV	MS	AP
MV	1.00000	0.83268	0.46874
MS	0.83268	1.00000	0.46501
AP	0.46874	0.46501	1.00000
Cuarta evaluación			
	MV	MS	AP
MV	1.00000	0.93343	0.70356
MS	0.93343	1.00000	0.67605
AP	0.70356	0.67605	1.00000

**Gráfica 3. Altura de planta promedio por tratamiento.**





verde y en la de altura de planta y materia seca. Esto se puede deber, que al aumentar el tamaño de la planta ocurre una senescencia de las hojas inferiores, ya sea porque ya cumplieron su ciclo útil y ocurre la traslocación normal de nutrientes hacia las zonas de demanda, o por otra parte al aumentar el tamaño de la planta la hoja superiores sombrean a las inferiores y la senescencia puede ser causada por la falta de luz.

#### *5.4. Porcentaje de materia seca en la muestra del laboratorio*

De acuerdo con los análisis de varianza realizados para los porcentajes de materia seca en la muestra de laboratorio (Anexo 4) se observó que en ninguna de las cuatro evaluaciones se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos manejados. Con esto es posible considerar que todas las muestras que se utilizaron en el análisis de planta estaban homogéneas (Gráfica 4) ya que las muestra se encontraban entre los rangos de porcentaje de 95.4 para el mas alto y 92.7 para el mas bajo.

#### *5.5. Porcentaje de cenizas*

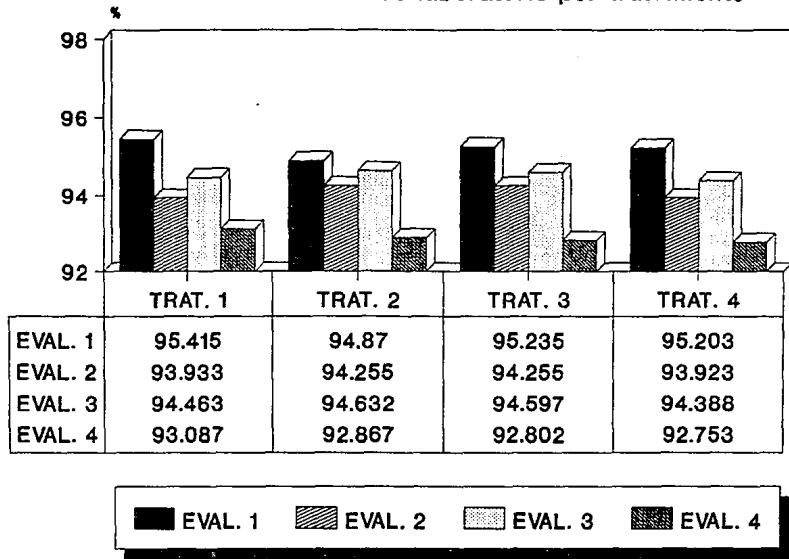
En cuanto a los análisis de varianza realizados para los porcentajes de cenizas (Anexo 5) se observó que en ninguna de las cuatro evaluaciones se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos manejados.

Cuadro 13. Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable materia seca de laboratorio.

Primera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	95.415	4	1
A	95.235	4	3
A	95.203	4	4
A	94.870	4	2
Segunda evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	94.255	4	3
A	94.255	4	2
A	93.933	4	1
A	93.923	4	4
Tercera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	94.632	4	2
A	94.597	4	3
A	94.463	4	1
A	94.388	4	4
Cuarta evaluación			
Grupos Tukey	Median	N	TRAT
A	93.087	4	1
A	92.867	4	2
A	92.802	4	3
A	92.753	4	4

\*\* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

**Gráfica 4. Porcentaje promedio de materia seca de laboratorio por tratamiento**



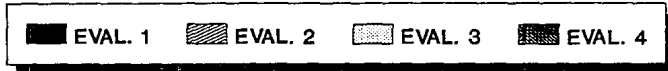
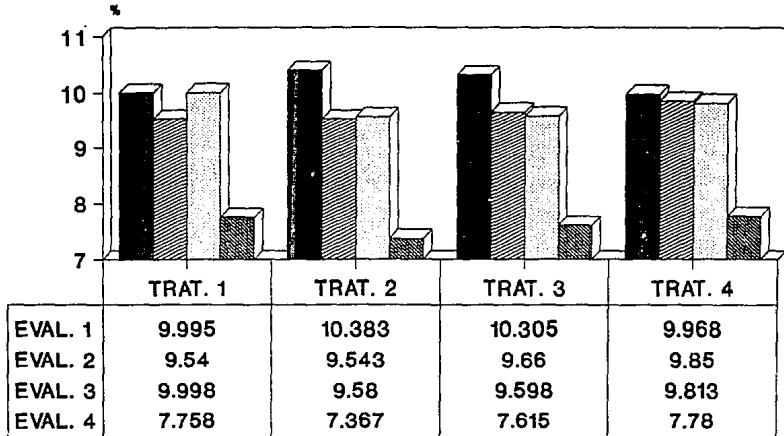
No obstante que las diferencias que se registraron no fueron significativas, la Gráfica 5 muestra el comportamiento de los tratamientos, donde en la primera evaluación el tratamiento II fue el que presentó el porcentaje mas alto (10.38) y el tratamiento IV el que registró el porcentaje mas bajo (9.96) lo que representa una diferencia de 0.415 % en ambos contenidos de cenizas. En la segunda evaluación se observó que el tratamiento IV fue el que presentó el porcentaje mas alto (9.85) y el tratamiento I el rendimiento mas bajo (9.54), lo que representa una diferencia de 0.31 % de diferencia entre el contenido de cenizas en estos tratatamientos. En la tercera evaluación el tratamiento I (testigo) fue el que presentó el porcentaje mas alto (9.99) y el porcentaje mas bajo lo registró el tratamiento II (9.58), la diferencia entre el contenido de cenizas de ambos tratamientos fue de 0.418 %. En la cuarta evaluación se registró el tratamiento IV con el porcentaje mas alto (7.78) y tratamiento II con el porcentaje mas bajo (7.36), observándose una diferencia entre dos tratamientos de 0.413 % en cuanto al contenido de cenizas. No obstante que se observaron diferencias, el rango entre el mejor y el peor tratamiento, en las cuatro evaluaciones, fueron insignificantes, por lo cual se puede decir que al aplicar dosis de fertilización elevadas en el tipo de suelo en el cual se trabajo no se observa una absorción mayor de minerales, ya que el suelo estaba aportando los necesarios para el desarrollo del cultivo.

Cuadro 14. Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable cenizas.

Primera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	10.383	4	2
A	10.305	4	3
A	9.995	4	1
A	9.968	4	4
Segunda evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	9.850	4	4
A	9.660	4	3
A	9.543	4	2
A	9.540	4	1
Tercera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	9.998	4	1
A	9.813	4	4
A	9.598	4	3
A	9.580	4	2
Cuarta evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	7.780	4	4
A	7.758	4	1
A	7.615	4	3
A	7.367	4	2

\*\* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Gráfica 5. Porcentaje promedio de cenizas por tratamiento



### 5.6. Porcentaje de proteína cruda

En cuanto a los análisis de varianza realizados para los porcentajes de proteína cruda (Anexo 6) se observó diferencia significativa para la primera evaluación, y no así en la segunda, tercera y cuarta evaluaciones según la comparación de medias (Cuadro 14) por el método de tukey (0.05); para la primera evaluación el tratamiento III con un porcentaje de proteína de 20.867 es igual al tratamiento IV el cual presentó un porcentaje de 20.25 pero diferente a los tratamientos I y II. Sin embargo los tratamientos IV, I y II son iguales. En la Gráfica 6, se puede observar que en la primera evaluación la dosis recomendada por el fabricante (Tratamiento III) es la que muestra un incremento significativo en la cantidad de proteína.

A pesar de que las diferencias que se registraron para la segunda, tercera y cuarta evaluaciones no fueron significativas, en la Gráfica 6 se puede observar que los tratamientos se comportaron de la siguiente manera, para la segunda evaluación el tratamiento IV fue el que presentó el porcentaje de proteína mas alto (23.02) y el tratamiento III el que registró el porcentaje mas bajo (21.44) lo que representa una diferencia de entre ambos tratamientos de 1.57 %. En la tercera evaluación se observo que el tratamiento III fue el que presentó el porcentaje de proteína mas alto (23.10) y el tratamiento I (testigo) el que presento el porcentaje mas bajo (22.10), con lo cual hubo una diferencia de 1 % entre estos tratamientos. En la cuarta

evaluación el tratamiento I (testigo) fue el que presentó el porcentaje de proteína mas alto (19.62) y el porcentaje mas bajo lo registró el tratamiento III (18.64). la diferencia entre ambos tratamientos fue del 1.027 %. De acuerdo con lo mencionado se observó que para la primera evaluación al aplicar una dosis de fertilización media (tratamiento III) se presentó una mayor absorción de nitrógeno, la cual se vio reflejada en un aumento de proteína, pero en los tratamiento posteriores se observó que el rango de diferencia entre el mejor y el peor tratamiento fue mínimo, con lo cual se puede decir que la tendencia fue a estandarizarse, lo cual pudo ser causado por el excelente estado nutrimental del suelo el cual estaba aportando el nitrógeno necesario para el contenido de proteína tan elevado que se registró.

#### *5.7. Porcentaje de fibra*

De acuerdo con los análisis de varianza realizados para los porcentajes de fibra (Anexo 7) se observó que en ninguna de las cuatro evaluaciones se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos manejados.

No obstante que las diferencias que se registraron no fueron significativas, en la Gráfica 7 se puede observar el comportamiento de los tratamientos, donde en la primera evaluación el tratamiento II fue el que presentó el mas alto porcentaje (37.33) y el tratamiento III el que registró el

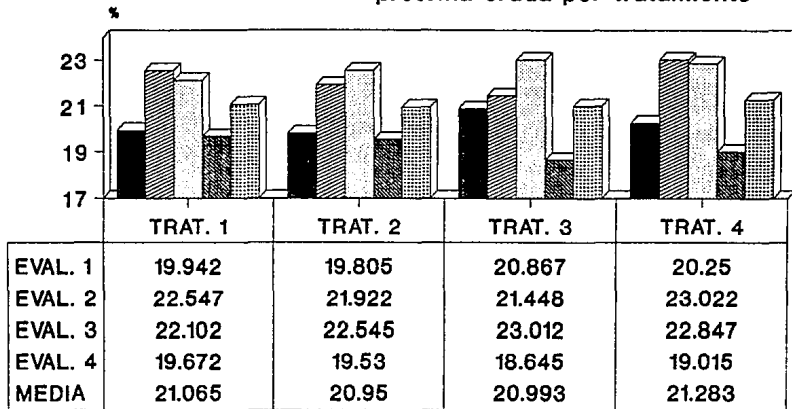


Cuadro 15. Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable proteína cruda.

Primera evaluación				
Grupos Tukey		Media	TRAT	
	A	20.867	4	3
B	A	20.250	4	4
	B	19.942	4	1
	B	19.805	4	2
Segunda evaluación				
Grupos Tukey		Media	N	TRAT
	A	23.022	4	4
	A	22.547	4	1
	A	21.922	4	2
	A	21.448	4	3
Tercera evaluación				
Grupos Tukey		Media	N	TRAT
	A	23.012	4	3
	A	22.847	4	4
	A	22.545	4	2
	A	22.102	4	1
Cuarta evaluación				
Grupos Tukey		Media	N	TRAT
	A	18.672	4	1
	A	19.530	4	2
	A	19.015	4	4
	A	18.645	4	3

\*\* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

**Grafica 6. Porcentaje promedio de proteína cruda por tratamiento**



EVAL. 1     
  EVAL. 2     
  EVAL. 3  
 EVAL. 4     
  MEDIA

porcentaje mas bajo (34.07) lo que representa una diferencia del 3.26 % entre ambos tratamientos. En la segunda evaluación se observó que el tratamiento II fue el que presentó el porcentaje de fibra mas alto (40.10) y el tratamiento III el que presentó el rendimiento mas bajo (38.04), con lo cual hubo una diferencia de 2.055 % entre estos tratamientos. En la tercera evaluación el tratamiento I fue el que presentó el porcentaje de fibra mas alto (36.96) y el porcentaje mas bajo lo registró el tratamiento II (34.87), la diferencia entre ambos rendimientos fue de 2.082 %. En la cuarta evaluación se registró el tratamiento I con el porcentaje de fibra mas alto (31.94) y tratamiento III con el porcentaje mas bajo (30.50), observándose una diferencia entre estos de 1.436 %. Con los mencionados resultados se observó que tres de las evaluaciones con una dosis de fertilización media (tratamiento III) se obtiene el porcentaje mas bajo de fibra, mismas en las cuales se obtuvo el porcentaje de proteína mas alto, lo cual se puede corroborar en el Cuadro 17 donde se muestra los coeficientes de correlación donde se observan correlaciones bajas y negativas, es decir conforme aumenta la proteína disminuye la fibra, esto puede ser causado por una mayor absorción de nitrógeno ya que este elemento es uno de los principales para la formación de proteínas.

Cuadro 16. Comparación de medias por Tukey (0.05) para la variable fibra.

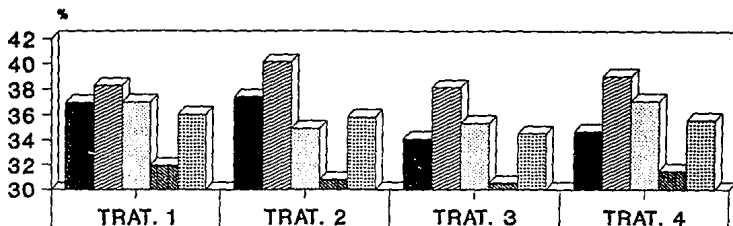
Primera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	37.338	4	2
A	36.930	4	1
A	34.600	4	4
A	34.073	4	3
Segunda evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	40.100	4	2
A	38.953	4	4
A	38.258	4	1
A	38.045	4	3
Tercera evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	36.960	4	1
A	35.278	4	3
A	34.945	4	4
A	34.878	4	2
Cuarta evaluación			
Grupos Tukey	Media	N	TRAT
A	31.943	4	1
A	31.490	4	4
A	30.768	4	2
A	30.507	4	3

\*\* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

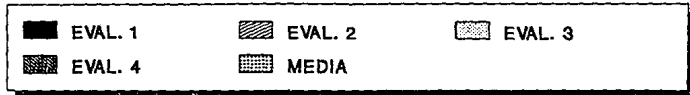
Cuadro 17. Coeficientes de correlación entre materia verde, materia seca, proteína cruda y fibra.

Primera evaluación				
	MV	MS	PCL	FL
MV	1.00000	0.73860	-0.21909	0.04003
MS	0.73860	1.00000	-0.29172	0.10526
PCL	-0.21909	-0.29172	1.00000	-0.51064
FL	0.04003	0.10526	-0.51064	1.00000
Segunda evaluación				
	MV	MS	PCL	FL
MV	1.00000	0.96350	-0.14063	-0.14348
MS	0.96350	1.00000	-0.09867	-0.10929
PCL	-0.14063	-0.09867	1.00000	-0.31107
FL	-0.14348	-0.10929	-0.31107	1.00000
Tercera evaluación				
	MV	MS	PCL	FL
MV	1.00000	0.83268	-0.11171	0.31203
MS	0.83268	1.00000	-0.32125	0.32683
PCL	-0.11171	-0.32125	1.00000	-0.40205
FL	0.31203	0.32683	-0.40205	1.00000
Cuarta evaluación				
	MV	MS	PCL	FL
MV	1.00000	0.93343	-0.16895	0.20841
MS	0.93343	1.00000	-0.09136	0.21200
PCL	-0.16895	-0.09136	1.00000	-0.25766
FL	0.20841	0.21200	-0.25766	1.00000

**Gráfica 7. Porcentaje promedio de fibra por tratamiento**



	TRAT. 1	TRAT. 2	TRAT. 3	TRAT. 4
EVAL. 1	36.93	37.338	34.073	34.6
EVAL. 2	38.258	40.1	38.045	38.953
EVAL. 3	36.96	34.878	35.278	36.96
EVAL. 4	31.943	30.768	30.507	31.49
MEDIA	36.02	35.77	34.47	35.5



### 5.8. Análisis de suelos

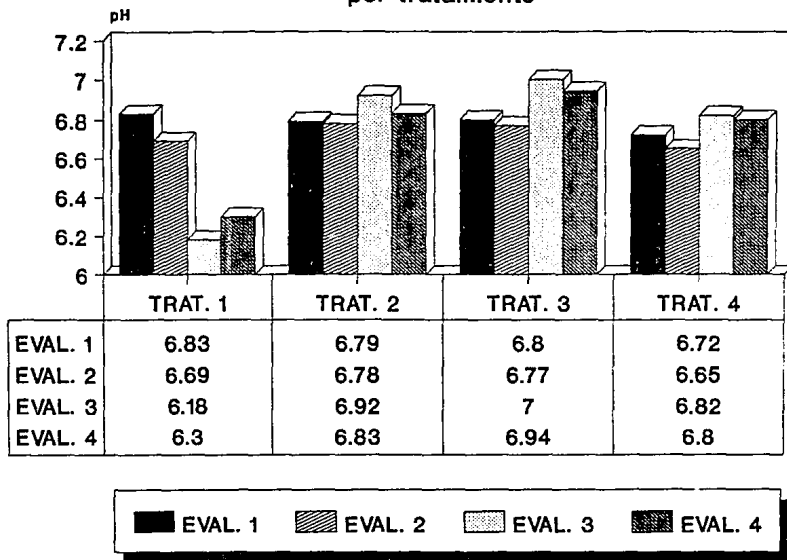
De acuerdo con los análisis de suelo realizados (Anexos 8 y 9) e interpretados de acuerdo a Moreno, 1978 citado por Etchevers, 1985 se observó lo siguiente:

#### 5.8.1. pH

Para pH se registró lo siguiente: la primera evaluación muy ligeramente ácido para los tratamientos II y IV y neutro para el tratamiento I y III. La segunda evaluación muy ligeramente ácidos para los cuatro tratamientos. La tercera evaluación medianamente ácido para el tratamiento I (testigo), muy ligeramente ácido para los tratamientos II Y IV, y neutro para el tratamiento III. La cuarta evaluación el pH es ligeramente ácido para lo cuatro tratamientos.

De acuerdo con la Gráfica 8 se puede observar que la tendencia de los pH, en el tratamiento I (testigo) es una disminución, es decir a acidificar el suelo y el tratamiento II y IV a aumentarlo sin llegar al pH neutro, Sin embargo el tratamiento II tiende a aumentarlo hasta llegar a neutralizarlo. Con lo anteriormente expuesto se observó que conforme se aumentó la dosis de fertilización el pH presentó una tendencia a neutralizarse, es decir que con los fertilizantes orgánicos se adiciona una buena cantidad de sales, lo que es importante, ya que con pH ácidos la fijación simbiótica del nitrógeno tiende a reducirse e incluso a inhibirse.

Grafica 8. pH de los análisis de suelos por tratamiento





### 5.8.2. Conductividad eléctrica

En cuanto a la C.E. se observó que para los cuatro tratamientos de las cuatro evaluaciones es baja es decir que los efectos de salinidad son casi nulos.

De acuerdo con la Gráfica 9 se puede observar que la tendencia de la C.E. es a disminuir para el tratamiento I y aumentar en los tratamientos II, III y IV. Lo cual puede ser causado en el tratamiento I por una lixiviación de sales, lo que no ocurre en los tratamientos donde se aplicaron fertilizantes orgánicos, ya que con estos se adiciona materia orgánica, la cual ayuda a la retención de las mismas. Esto es importante ya que estas sales ayudan a aumentar el pH, con lo cual también se ayuda a mantener activos los nódulos para la fijación simbiótica del nitrógeno.

Esta dinámica es coincidente con la que presentó el suelo con respecto al pH, señalando en el punto anterior lo que pudiera considerarse como lógico en base a los productos aplicados.

### 5.8.3. Materia orgánica

Para el contenido de M.O. se observó lo siguiente; para la primera y tercera evaluación es medianamente rico en los cuatro tratamientos, mientras que para la segunda es medianamente rico para los tratamientos I, III y IV y rico para el tratamiento II. Para la cuarta evaluación es medianamente rico para los tratamientos I y IV y rico en los tratamientos II y III.

De acuerdo con la Gráfica 10 se puede observar que la tendencia

### *5.8.2. Conductividad eléctrica*

En cuanto a la C.E. se observó que para los cuatro tratamientos de las cuatro evaluaciones es baja es decir que los efectos de salinidad son casi nulos.

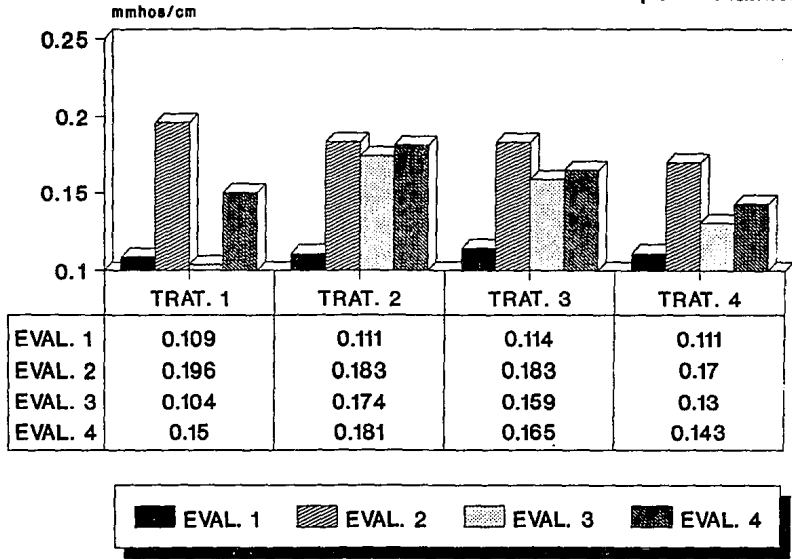
Dé acuerdo con la Gráfica 9 se puede observar que la tendencia de la C.E. es a disminuir para el tratamiento I y aumentar en los tratamientos II, III y IV. Lo cual puede ser causado en el tratamiento I por una lixiviación de sales, lo que no ocurre en los tratamientos donde se aplicaron fertilizantes orgánicos, ya que con estos se adiciona materia orgánica, la cual ayuda a la retención de las mismas. Esto es importante ya que estas sales ayudan a aumentar el pH. con lo cual también se ayuda a mantener activos los nódulos para la fijación simbiótica del nitrógeno. Esta dinámica es coincidente con la que presentó el suelo con respecto al pH, señalando en el punto anterior lo que pudiera considerarse como lógico en base a los productos aplicados.

### *5.8.3. Materia orgánica*

Para el contenido de M.O. se observó lo siguiente; para la primera y tercera evaluación es medianamente rico en los cuatro tratamientos, mientras que para la segunda es medianamente rico para los tratamientos I, III y IV y rico para el tratamiento II, para la cuarta evaluación es medianamente rico para los tratamientos I y IV y rico en los tratamientos II y III.

De acuerdo con la Gráfica 10 se puede observar que la tendencia

**Gráfica 9. Conductividad electrica de los análisis de suelos por tratamiento**



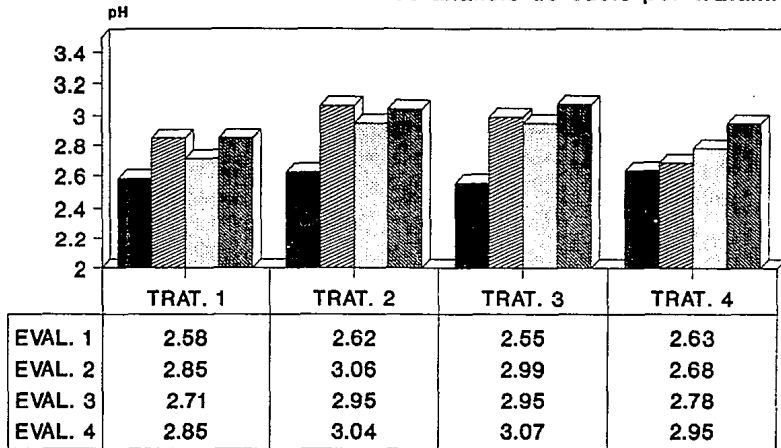
del contenido de materia orgánica es a aumentar en los cuatro tratamientos, sin embargo en los tratamientos I y IV en menor cantidad ya que no llegaron a rebasar su clasificación inicial, y en los tratamiento II y III el aumento fue mayor ya que estos pasaron de medianamente ricos a ricos. Es decir que con dosis de fertilización orgánica mas altas, el suelo aumenta el contenido de materia orgánica, lo que es importante ya que esta sirve como fuente para suministrar los elementos nutritivos necesarios y que además pudiera considerarse como una respuesta lógica dada las características de los productos aplicados.

#### *5.8.4. Nitrógeno*

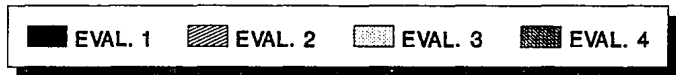
Para el porcentaje de nitrógeno se registró; para la primera evaluación medianamente rico para los cuatro tratamientos, Para la segunda evaluación medianamente rico para el tratamiento I y rico para los tratamientos II, III Y IV, y rico para los cuatro tratamientos de la tercera y cuarta evaluación.

De acuerdo con la Gráfica 11 se pudo observar que la tendencia del % de nitrógeno fue a incrementarse en todos los tratamientos de las cuatro evaluaciones sin embargo el incremento fue mayor para los tratamientos II y III posteriormente le siguen el tratamiento IV y menor incremento lo registró el tratamiento I el testigo. Con lo expuesto anteriormente se puede decir que a mayor dosificación de fertilizantes orgánicos hay una mayor cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, además de que a medida que la

**Gráfica 10. Porcentaje de materia orgánica de los análisis de suelo por tratamiento**



84



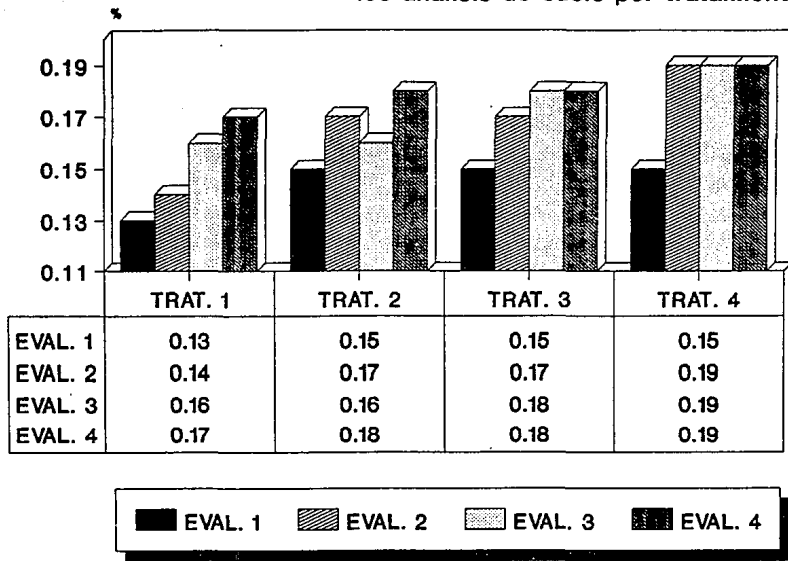
estación del año avanza y disminuye la precipitación se mejoraron las condiciones de mineralización de la materia orgánica lo que a su vez se traduce en mayor disponibilidad de este elemento sin embargo es notorio el hecho que a diferencia del control, el incremento de nitrógeno total fue mayor a medida que la dosis de nitrógeno se aumento; además de que dadas las condiciones de pH más adecuadas para la mayor fijación de nitrógeno atmosférico, esta función se vio mas favorecida.

#### *5.8.5. Fósforo*

En cuanto al contenido de fósforo se registró lo siguiente: para los cuatro tratamientos de la cuatro evaluaciones es alto.

De acuerdo con la Gráfica 12 se observó que la tendencia en cuanto al contenido de fósforo fue de la siguiente manera; el tratamiento I (testigo) fue el que presentó una mayor cantidad de fósforo, a éste le siguen los tratamientos II Y III, y el tratamiento que presentó el contenido de fósforo menor fue el tratamiento IV. Es decir que conforme se aumenta la aplicación de fertilizantes orgánicos a base de ácidos húmicos hay una mayor absorción de fósforo, lo que coincide con lo expuesto por Goss y Stewart, 1979 citados por Cázarez, 1988, donde se menciona: Al comparar las fuentes de suministro de fósforo (mineral y orgánico), se ha encontrado, generalmente, una mayor eficiencia en la utilización del nutriente, medida como en incremento del rendimiento por unidad de incremento de fósforo removido en el

Gráfica 11. Porcentaje de nitrógeno en los análisis de suelo por tratamiento



caso del estiércol, mas esto depende fundamentalmente de la actividad microbiológica particular del suelo y de la disponibilidad inicial de fósforo en éste.

Una mayor concentración de fósforo en el suelo coincide con los rendimientos de menor cuantía para cada tratamiento a través del experimento, lo que pudiera considerarse como lógico ya que en la medida que las condiciones tanto de ambiente como de humedad en el suelo permitieron un mejor rendimiento se dio por lo tanto mayor extracción nutrimental de fósforo en dichos casos.

#### *5.8.6. Cationes Intercambiables*

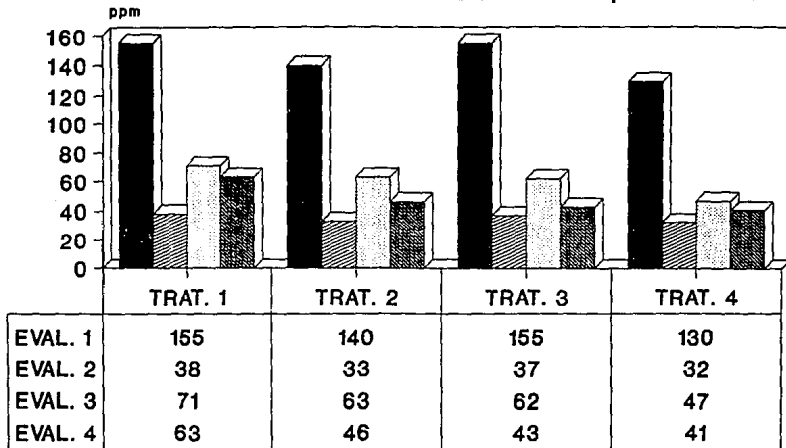
Para los cationes intercambiables potasio, calcio y magnesio se obtuvo que; para los cuatro tratamientos de las cuatro evaluaciones el contenido alto.

De acuerdo con la Gráfica 13 se puede observar que la tendencia del contenido de potasio fue de la siguiente manera; En los cuatro tratamientos la concentración aumentó conforme se realizaron la cuatro evaluaciones. observándose una mayor concentración en el tratamiento I (testigo) al cual le sigue de manera decreciente los tratamientos II, III y IV. sin que esta diferencia causara diferencias en su clasificación.

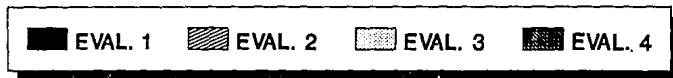
De acuerdo con la Gráfica 14 se puede observar la tendencia de la concentración de calcio, la cual fue de la siguiente manera; En los cuatro tratamientos la concentración de calcio aumentó conforme se realizaron las cuatro evaluaciones. observándose una



Gráfica 12. Concentración de fósforo en los análisis de suelo por tratamiento



88



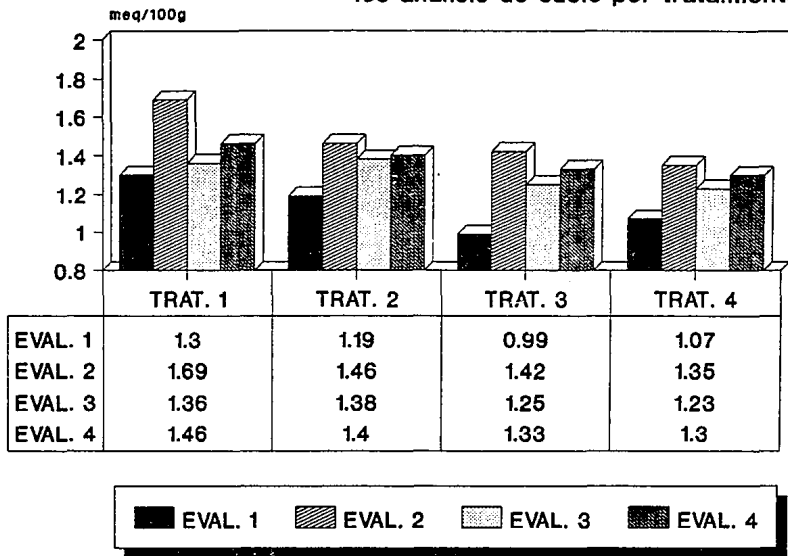
mayor concentración en el tratamiento III al cual le siguen decrecientemente el tratamiento IV, II y por último el I (testigo) con la concentración mas bajas, sin embargo la diferencia entre las concentraciones no causaron diferencias en su clasificación.

De acuerdo con la Gráfica 15 se puede observar la tendencia de la concentración de magnesio, la cual fue a aumentar en los cuatro tratamientos conforme se fueron realizando las cuatro evaluaciones; observándose una mayor concentración en el tratamiento III al cual le siguen en forma decreciente el tratamiento IV, II y por último el tratamiento I (testigo) con la concentración mas baja, sin embargo la diferencia entre las concentraciones no causaron diferencias en su clasificación. Con lo cual se puede decir que la aplicación de fertilizantes orgánicas no se observo un aumento de cationes intercambiables en este suelo.

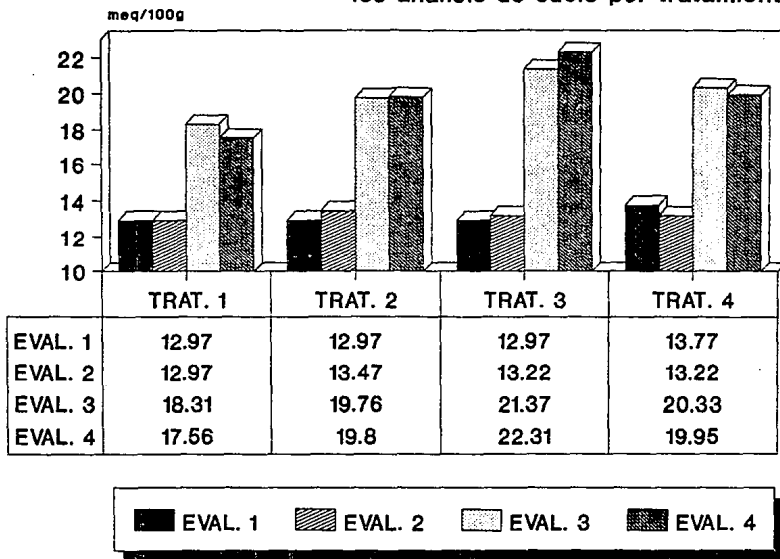
### *5.9. Discusión general*

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó que no obstante que donde se aplicaron los tratamientos con diferentes dosis de fertilización se obtuvo el mejor balance nutrimental en el suelo, con respecto al testigo, que también se encontró en un nivel adecuado, al igual que el del suelo en general, al iniciar las evaluaciones, no se obtuvieron respuestas significativas en los rendimientos en materia verde, materia seca, contenido de

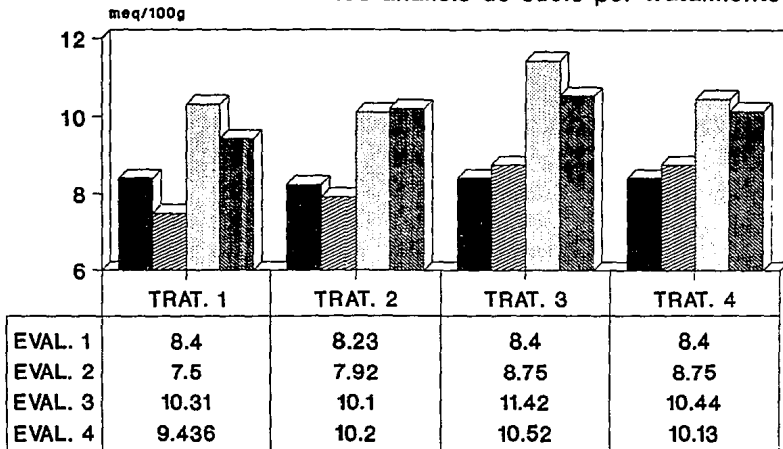
Gráfica 13. Concentración de potasio en los análisis de suelo por tratamiento



Gráfica 14. Concentración de calcio en los análisis de suelo por tratamiento



Gráfica 15. Concentración de magnesio en los análisis de suelo por tratamiento



■ EVAL. 1

▨ EVAL. 2

▤ EVAL. 3

▥ EVAL. 4

proteína, cenizas y fibra entre los tratamientos evaluados, con lo cual los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Jenkins y Bottomley, 1984 malakoudajak et al. 1981 (citados por Cázarez, 1988).

No obstante que las diferencias que se presentaron en los rendimientos en materia verde no fueron significativos entre los tratamientos, si se pudo observar, que estos fueron superiores en un 15 a 20 %, a los reportados por diversos autores (Muslera y Ratera, 1984; Flores. 1986) para la variedad Aragón, los cuales son de 9.65 ton/ha. Por consiguiente al aumentar la materia verde se aumento la materia seca, lo cual se puede constatar en el Cuadro 17 donde se muestran los coeficientes de correlación.

Por otra parte los contenidos de proteína que se obtuvieron fueron superiores de un 47 a 57 %, a los reportados por Flores. (1986). No obstante que se obtuvieron contenidos de proteína muy superiores a los reportados, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, pero si pudo observar una buena correlación entre el incremento de proteína y la disminución en el contenido de fibra (Cuadro 17).

Con respecto a la dinámica nutrimental del suelo se observo, en relación al pH y la conductividad eléctrica los tratamientos aplicados incidieron en un incremento de ambas variables sin llegar a niveles detrimentales. a diferencia del tratamiento utilizado como control el cual manifestó una tendencia hacia la baja tanto en el pH como en la concentración total de solutos.

(C.E.), lo cual es considerado como normal en base a la época en la cual se realizó el experimento y al rendimiento de material vegetativo obtenido. La tendencia observada en los tratamientos aplicados es debida probablemente a las características propias de los productos utilizados y a la dinámica que estos presentan en el suelo. La concentración de materia orgánica así como el porcentaje de nitrógeno total existente en el suelo muestran a su vez una tendencia alcista a medida que la dosificación de los fertilizantes orgánicos se incrementaron a diferencia de lo observado en el tratamiento control, aun cuando los niveles que este último presenta se consideran como medianamente ricos. Esto corrobora la factibilidad de que el suelo dado el manejo apropiado previo se encontrase en condiciones adecuadas para obtener elevados niveles de productividad por si. En relación a la concentración disponible de fósforo en el suelo, se observó que a medida que los rendimientos de materia verde se incrementaban dicha concentración disminuía, lo que puede considerarse como una situación natural en base a la existencia de buenas condiciones tanto de ambiente como de humedad y pH en el suelo sujeto a experimentación. En lo concerniente a los cationes intercambiables, estos presentaron variaciones en su concentración a través de las evaluaciones que coinciden fundamentalmente con la competencia no específica que se presenta a nivel de la absorción radical entre los tres cationes en cuestion ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ). Esto quiere decir que en la medida que

disminuía la concentración de magnesio en el suelo por ejemplo lo más probable es una mayor absorción de este nutrimento, con lo cual se incrementaba la del potasio y viceversa. En los tres casos se presentó así mismo una tendencia alcista a través de las evaluaciones realizadas lo que es más probable en el caso de los iones divalentes ( $\text{Ca}^{++}$ , y  $\text{Mg}^{++}$ ) por encima del  $\text{K}^+$  lo que bien pudo deberse al incremento de la capacidad de intercambio cationico motivada por la aplicación de los tratamientos evaluados ya que existen diferencias en los incrementos mencionados entre estos últimos y el tratamiento control. Por otra parte la tendencia alcista generalizada también fue provocada por la disminución de los procesos de lixiviación natural debido a la reducción de los eventos de precipitación pluvial al finalizar la temporada de lluvias y con ello en lugar de bajar en el perfil edáfico se presentó un fenómeno de iluviación de las bases en cuestión.

De acuerdo con la discusión anterior es probable que los resultados hayan sido influenciados por el excelente estado nutricional en que se encontraba el suelo; el genotipo de la alfalfa variedad Aragón sobre la que se realizó la evaluación ; estaba expresando una potencialidad muy buena si no es que la máxima, por lo cual no se presentaron respuestas significativas a las dosis de fertilización aplicadas. durante el periodo de tiempo en que se desarrollo el experimento.

Esto confirma que la aplicación de este tipo de productos será de



mayor utilidad cuando las condiciones nutrimentales de los suelos sean mas limitadas.

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos y bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo, se formularon las siguientes conclusiones:

1.- La aplicación de fertilizantes orgánicos en el cultivo de alfalfa no causaron incrementos en los rendimientos de materia verde y materia seca, así mismo no se incremento el contenido de proteína cruda del mismo.

2.- La aplicación de fertilizantes orgánicos en una dosis de 8 lts/ha de Organic matter, 8 lts/ha de Foliar Power y 20 lts/ha de ARN para la primera aplicación y 5 lts/ha de Organic matter, 5 lts/ha de Foliar Power y 9 lts/ha de ARN para las aplicaciones de mantenimiento (Tratamiento III), fue en la que se mostró una mayor altura de planta ( 35.567). sin embargo esta no causo incrementos en los rendimientos ni en la calidad del cultivo

3.- La aplicación de fertilizantes orgánicos en una dosis de 8 lts/ha de Organic matter, 8 lts/ha de Foliar Power y 20 lts/ha de ARN para la primera aplicación y 5 lts/ha de Organic matter, 5 lts/ha de Foliar Power y 9 lts/ha de ARN para las aplicaciones de mantenimiento (Tratamiento III), fue la que ayudo a que se presentaran mejores las características nutrimentales en el

suelo.

4.- La aplicación y evaluación de este tipo de productos será de mayor utilidad en suelos donde las condiciones nutrimentales sean la limitante para la producción.

5.- El estado nutrimental inicial del suelo donde se realizó la evaluación era muy bueno, por lo cual este fue capaz de aportar los nutrientes necesarios para que el genotipo de la variedad Aragón estuviera expresando el potencial tan alto, o el máximo. Por lo cual al realizar las aplicaciones de los fertilizantes no se pudo observar diferencia alguna.

## VII. LITERATURA CITADA

- Boltón, J. L., 1962. Alfalfa. Botany. Cultivatvation and Utilization, Intercience Publ. Inc., New York.
- Buller, E. R. y Valdivieso, R. G., 1957. La producción de alfalfa (variedades, siembra y utilización forrajera) S.A.G. Oficina de Estudios Especiales, México, Folleto de divulgación 25.p. 16
- Castillo, P. G. S. y Aburto, M., 1979. Cultivo de la alfalfa, en R. S., Robles (ed.) Producción de granos y forrajes. Segunda edición, Ed. LIMUSA, México, p.p. 443-460
- Cázarez G., L. R., 1988. Evaluación del estado nutrimental de los alfalfares del Estado de México, Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, México. p.p. 4-29
- De la Teja, A. O., 1982. Estudios de las características edáficas de los suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México, mimeógrafo.
- Deldrit, R. L. y Ahlgren H.L., 1982. Producción agrícola, Ed. CECSA, México.
- Del Pozo I., M., 1983. La alfalfa su cultivo y aprovechamiento. Tercera Edición, Ed. Mundi-prensa, Madrid, España. p.p. 35-110
- Dermaly, Y., 1967. La mejora genética de la alfalfa. Primeras jornadas nacionales sobre la alfalfa, Zaragoza, España.

- Etchevers, D. J., 1985. Interpretación de los análisis químicos de suelo. Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. p.p. 1-17
- Fassbender, W.H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. I.I.C.A. San José Costa Rica. p.p. 45-113
- Flores, M. J. A., 1986. Bromatología animal, Ed. Limusa. México.
- Foster, A. B., 1967. Métodos aprobados en conservación de suelos, Ed. Trillas, México.
- García, E., 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, México.
- Gauch, H. G., 1972. Inorganic Plant Nutrition, Dowden, Hutchinson y Ross, Stroudsburg, Philadelphia. p.p. 142-148
- Grajales, M. O., 1986. Apuntes de fisiología vegetal. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán., UNAM, México. p.p. 69-98
- Hanson, H. C., 1972. Ciencia y Tecnología de la alfalfa. Distribución mundial y desarrollo histórico. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. p.p. 152-163
- Huges, H. D., Heath, M. E., Metcalfe, 1980, Forrajes, Traducción de J. L. De la Loma, Segunda Edición, Ed. CECSA, México. p.p. 151-143
- Júscafresca, B., 1980. Forrajes; Fertilizantes y valor nutritivo. Segunda Edición, Ed. Aedos. Barcelona, España.

- Kononova, M.M., 1982. Materia orgánica del suelo. su naturaleza. propiedades y método de investigación, De la Academia de Ciencias de La Unión Soviética del Instituto del Suelo V.V. Dokuchaev, Ed. Oikos-Tau, S.A.-Ediciones Vilassar del mar-Barcelona, España.p.p. 63-179
- Kozgro, 1989. Kozgro Organic Matter and Kozgro Foliar Power. Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.16
- Kozgro (a), 1991. Comparación de la Urea y Kozgro Organic Matter/Foliar Power, Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.16
- Kozgro (b), 1991. The humus buider (Kozgro organic matter and Kozgro Foliar Power), Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.10
- Kozgro (c), 1991. Organic fertilizer for the garden, Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p. 18
- Kozgro (d), 1991. Learning about chemical fertilizers and Kozgro organic fertilizer, Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.20
- Kozgro (e), 1991. Humus, humates, humic and other acids, Volumen number one, Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.16
- Kozgro (f), 1991. testimonials from Kozgro user, Volumen number two, Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.8
- Kozgro (g), 1991. Particulares de los fertilizantes orgánicos Kozgro, Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.8

- Kozgro (h), 1991. Kozgro Organics, "Organic Matter". Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.8
- Kozgro (i), 1991. Kozgro Organics. "Foliar Power". Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.10
- Kozgro (j), 1991. Kozgro Organics, "ARN (Neutralizador de lluvia ácida)". Global Marketing. LTD, Niles-Illinois, USA. p.8
- Morán, Z. D., 1990. Geología de la República Mexicana, I.N.E.G.I., UNAM, México.
- Morfin, L. L., 1991. Bromatología, (Manual de laboratorio. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México.
- Muslera, P. E., Ratera, G.C., 1984. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento, Ed. Mundi-prensa. Madrid, España.
- Rhyker, C. L. y Overdhal, C. J., 1972. Nutrition y science and technology, Amer. Soc. Agronomy, 15, Madison, Wisconsin.
- Robles, S. R., 1983. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa México.
- Salinas, C. S. y Urbilola, L. J., 1981. Guía para cultivar alfalfa en Guanajuato, SARH, INIFAP, México.
- Sánchez D. A. y Ramírez, L. M., 1963. La producción de semillas de alfalfa, S.A.G., INIA, folleto de divulgación, 32. México.

- S.A.R.H., 1985. Anuario estadístico de la producción agrícola nacional, Dpto. estadístico agrícola, México.
- Sifuentes, A. J. 1987. Plagas de la alfalfa y sus enemigos naturales en México, S.A.R.H., INIFAP, México.
- S.P.P., 1981. Síntesis geográfica del Estado de México, Coordinadora nacional de los servicios de estadística e informática, México.
- Tamane, R. V., Motiramani, D.P., Bali, Y.P., 1986. Suelos su química y fertilidad en zonas tropicales. Cuarta edición, Ed. Diana, México.



## **ANEXOS**

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable materia verde

Primera evaluación

Variable Dependiente: MV		S.C.	C.M.	Fc	Pr	> F
Fuente de variación	G.L.					
Modelo	6	15.94274000	2.65712333	1.07	0.4465	N.S.
Error	9	22.41801100	2.49089011			
Total	15	38.36075100				
R-Cuadrado		C.V.	Raíz MSE	Media MV		
	0.415600	12.57800	1.578255	12.5477500		

Segunda evaluación

Variable Dependiente: MV		S.C.	C.M.	Fc	Pr	> F
Fuente de variación	G.L.					
Modelo	6	3.12397150	0.52066192	0.39	0.8652	N.S.
Error	9	11.88540425	1.32060047			
Total	15	15.00937575				
R-Cuadrado		C.V.	Raíz MSE	Media MV		
	0.208135	13.18295	1.149174	8.71712500		

Tercera evaluación

Variable Dependiente: MV		S.C.	C.M.	Fc	Pr	> F
Fuente de variación	G.L.					
Modelo	6	3.19066200	0.53177700	1.34	0.3311	N.S.
Error	9	3.56152100	0.39572456			
Total	15	6.75218300				
R-Cuadrado		C.V.	Raíz MSE	Media MV		
	0.472538	7.480204	0.629066	8.40975000		

Cuarta evaluación

Variable Dependiente: MV		S.C.	C.M.	Fc	Pr	> F
Fuente de variación	G.L.					
Modelo	6	64.20967000	10.70161167	1.48	0.2857	N.S.
Error	9	64.98763300	7.22084811			
Total	15	129.19730300				
R-Cuadrado		C.V.	Raíz MSE	Media MV		
	0.496989	15.62827	2.687164	17.1942500		

\* Diferencia Estadística Significativa  
 N.S. No existe Diferencia Estadística Significativa

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable materia seca.

Primera evaluación

Variable Dependiente: MS

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	12203.03684	2033.83947	0.60	0.7268 N.S.
Error	9	30630.30226	3403.36692		
Total	15	42833.33909			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.284896	21.46841	58.33838	271.740625	

Segunda evaluación

Dependent Variable: MS

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	1552.628998	258.771500	0.55	0.7593 N.S.
Error	9	4230.120170	470.013352		
Total	15	5782.749167			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.268493	12.42475	21.67979	174.488687	

Tercera evaluación

Variable Dependiente: MS

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	1451.066338	241.844390	1.45	0.2951 N.S.
Error	9	1499.564656	166.618295		
Total	15	2950.630994			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.491782	7.553245	12.90807	170.894375	

Cuarta evaluación

Variable Dependiente: MS

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	28542.14545	4757.02424	0.85	0.5655 N.S.
Error	9	50601.86312	5622.42924		
Total	15	79144.00857			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.360636	15.50390	74.98286	483.638750	

\* Diferencia Estadística Significativa

N.S. No Existe Diferencia Estadísticamente Significativa

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta.

Primera evaluación

Variable Dependiente: AP

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	32.14440000	5.35740000	4.33	0.0248 *
Error	9	11.12990000	1.23665556		
Total	15	43.27430000			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media AP	
	0.742806	3.255178	1.112050	34.1625000	

Segunda evaluación

Variable Dependiente: AP

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	42.15838750	7.02639792	4.92	0.0169 *
Error	9	12.86480625	1.42942292		
Total	15	55.02319375			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media AP	
	0.766193	3.492224	1.195585	34.2356250	

Tercera evaluación

Variable Dependiente: AP

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	35.65315000	5.94219167	4.01	0.0311 *
Error	9	13.34422500	1.48269167		
Total	15	48.99737500			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media AP	
	0.727654	3.674424	1.217658	33.1387500	

Cuarta evaluación

Variable Dependiente: AP

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	28.73800000	4.78966667	0.79	0.5986 N.S.
Error	9	54.44850000	6.04983333		
Total	15	83.18650000			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media AP	
	0.345465	7.647543	2.459641	32.1625000	

\* Diferencia Estadística Significativa  
 N.S. No Existe Diferencia Estadística Significativa

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable materia seca de la muestra de laboratorio.

Primera evaluación

Variable Dependiente: MSL

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	1.39223750	0.23203958	0.84	0.5679 N.S.
Error	9	2.48005625	0.27556181		
Total	15	3.87229375			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.359538	0.551520	0.524940	95.1806250	

Segunda evaluación

Variable Dependiente: MSL

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	5.98765000	0.99794167	6.43	0.0071 N.S.
Error	9	1.39612500	0.15512500		
Total	15	7.38377500			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.810920	0.418593	0.393859	94.0912500	

Tercera evaluación

Variable Dependiente: MSL

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	0.56310000	0.09385000	0.59	0.7351 N.S.
Error	9	1.44250000	0.16027778		
Total	15	2.00560000			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.280764	0.423558	0.400347	94.5200000	

Cuarta evaluación

Variable Dependiente: MSL

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	1.33925000	0.22320833	7.21	0.0048 N.S.
Error	9	0.27845000	0.03093889		
Total	15	1.61770000			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media MSL	
	0.827873	0.189383	0.175895	92.8775000	

\* Diferencia Estadística Significativa  
 N.S. No Existe Diferencia Estadística Significativa

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable cenizas

Primera evaluación

Variable Dependiente: CL

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	0.55875000	0.09312500	0.71	0.6530 N.S.
Error	9	1.18575000	0.13175000		
Total	15	1.74450000			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media CL	
	0.320292	3.571698	0.362974	10.1625000	

Segunda evaluación

Variable Dependiente: CL

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	1.99608750	0.33268125	2.71	0.0865 N.S.
Error	9	1.10295625	0.12255069		
Total	15	3.09904375			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media CL	
	0.644098	3.628398	0.350072	9.64812500	

Tercera evaluación

Variable Dependiente: CL

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	2.86838750	0.47806458	1.38	0.3199 N.S.
Error	9	3.12715625	0.34746181		
Total	15	5.99554375			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media CL	
	0.478420	6.047671	0.589459	9.74687500	

Cuarta evaluación

Variable Dependiente: CL

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Modelo	6	2.46500000	0.41083333	2.32	0.1235 N.S.
Error	9	1.59280000	0.17697778		
Total	15	4.05780000			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media CL	
	0.607472	5.513595	0.420687	7.63000000	

\* Diferencia Estadística Significativa  
 N.S. No Existe Diferencia Estadística Significativa

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable proteína cruda

Primera evaluación

Variable Dependiente: PCL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	4.75295000	0.79215833	5.38	0.0128 *
Error	9	1.32602500	0.14733611		
Total	15	6.07897500			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media PCL	
	0.761867	1.898690	0.383844	20.2162500	

Segunda evaluación

Variable Dependiente: PCL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	7.14860000	1.19143333	0.67	0.67926 N.S.
Error	9	16.06400000	1.78488889		
Total	15	23.21260000			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media PCL	
	0.307962	6.008533	1.335997	22.2350000	

Tercera evaluación

Variable Dependiente: PCL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	3.03348750	0.50558125	0.20	0.9669 N.S.
Error	9	22.34465625	2.48273958		
Total	15	25.37814375			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media PCL	
	0.119531	6.963715	1.575671	22.6268750	

Cuarta evaluación

Variable Dependiente: PCL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	4.91373750	0.81895625	0.87	0.5508 N.S.
Error	9	8.46105625	0.94011736		
Total	15	13.37479375			
	R-Cuadrado	C.V.	Root MSE	Media PCL	
	0.367388	5.045875	0.969596	19.2156250	

\* Diferencia Estadística Significativa  
 N.S. No existe Diferencia Estadística Significativa

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable fibra

Primera evaluación

Variable Dependiente: FL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F N.S.
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	81.52900000	13.58816667	1.00	0.4790
Error	9	122.09440000	13.56604444		
Total	15	203.62340000			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media FL	
	0.400391	10.30701	3.683211	35.7350000	

Segunda evaluación

Variable Dependiente: FL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F N.S.
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	15.87240000	2.64540000	0.89	0.5427
Error	9	26.90037500	2.98893056		
Total	15	42.77277500			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media FL	
	0.371087	4.451359	1.728852	38.8387500	

Tercera evaluación

Variable Dependiente: FL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F N.S.
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	19.88680000	3.31443333	1.08	0.4381
Error	9	27.50920000	3.05657778		
Total	15	47.39580000			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media FL	
	0.419586	4.922729	1.748307	35.5150000	

Cuarta evaluación

Variable Dependiente: FL		S.C.	C.M.	Fc	Pr > F N.S.
Fuente de variación	G.L.				
Modelo	6	18.59458750	3.09909792	0.66	0.6875
Error	9	42.57385625	4.73043958		
Total	15	61.16854375			
R-Cuadrado		C.V.	Root MSE	Media FL	
	0.303989	6.976188	2.174957	31.1768750	

\* Diferencia Estadística Significativa  
 N.S. No Existe Diferencia Estadística Significativa



Anexo B. Análisis de suelos correspondientes a la primera y segunda evaluación

ANALISIS DE SUELOS DE LA PRIMERA EVALUACIÓN

Trat.	pH 1:2 H <sub>2</sub> O	CE mmhos /cm	M.O. %	N %	P ppm B.*	K		Ca	Mg	Na
						NH <sub>4</sub>	IN	- - meq/100g - -		
1	6.83	.109	2.58	.16	155	1.30	12.97	8.40	.37	
2	6.79	.111	2.62	.16	140	1.19	12.97	8.23	.37	
3	6.80	.114	2.55	.18	155	.99	12.97	8.40	.35	
4	6.72	.111	2.63	.19	130	1.07	13.77	8.40	.35	

Clasificación textural: Arcilla

\* Nota: B. fósforo determinado por el método Bray-I

ANALISIS DE SUELOS DE LA SEGUNDA EVALUACIÓN

Trat.	pH 1:2 H <sub>2</sub> O	CE mmhos /cm	M.O. %	N %	P ppm B.*	K		Ca	Mg	Na
						NH <sub>4</sub>	IN	- - meq/100g - -		
1	6.69	.196	2.85	.18	38	1.69	12.97	7.50		
2	6.78	.183	3.06	.18	33	1.46	13.47	7.92		
3	6.77	.183	2.99	.17	37	1.42	13.22	8.75		
4	6.65	.170	2.68	.18	32	1.35	13.22	8.75		

Clasificación textural: Arcilla

\* Nota: B. fósforo determinado por el método Bray-I

Anexo. 9 Análisis de suelos correspondientes ala tercera y cuarta evaluación

ANALISIS DE SUELOS DE LA TERCERA EVALUACION

Trat.	pH 1:2 H <sub>2</sub> O	CE mmhos /cm	M.O. %	N %	P ppm O.*	K NH <sub>4</sub>	Ca IN	Mg pH7	Na
						- - meq/100g - -			
1	6.18	.104	2.71	.13	71	1.36	18.31	10.31	.90
2	6.82	.174	2.95	.15	63	1.38	19.76	10.10	.90
3	7.00	.159	2.95	.15	62	1.25	21.37	11.42	.70
4	6.82	.130	2.78	.15	47	1.23	20.33	10.44	.75

Clasificación textural: Arcilla

\* Nota: B. fósforo determinado por el método Bray-I

ANALISIS DE SUELOS DE LA CUARTA EVALUACION

Trat.	pH 1:2 H <sub>2</sub> O	CE mmhos /cm	M.O. %	N %	P ppm O.*	K NH <sub>4</sub>	Ca IN	Mg pH7	Na
						- - meq/100g - -			
1	6.15	.114	2.85	.17	63	1.46	17.56	9.43	.80
2	6.92	.181	3.04	.18	46	1.40	19.80	10.20	.80
3	7.00	.165	3.07	.18	43	1.33	22.31	10.52	.65
4	6.83	.163	2.95	.19	41	1.30	19.95	10.13	.75

Clasificación textural: Arcilla

\* Nota: B. fósforo determinado por el método Bray-I