

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE SUELOS**

**CALIDAD DE COMPOSTAS DE DIFERENTES MATERIALES  
ORGANICOS A PARTIR DE SU CONTENIDO EN ACIDOS HUMICOS Y  
FULVICOS Y EL DESARROLLO DEL CULTIVO DEL CILANTRO  
(Coriandrum sativum L.).**

**POR:**

**SAMUEL DE JESUS ALVAREZ ORTIZ**

**TESIS**

**QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO EN SUELOS**

**APROBADA:**

**EL PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**DR. EDMUNDO PEÑA CERVANTES**

---

**MC. JUAN MANUEL CEPEDA DOVALA  
LOPEZ**

**VOCAL**

---

**MC. RICARDO REQUEJO**

**VOCAL**

---

**MC. LUIS MIGUEL LASSO MENDOZA**

VOCAL SUPLENTE

COORDINADOR DE LA DIVISION DE INGENIERIA

---

ING. FRANCISCO MARTINEZ AVALOS

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEX.

AGOSTO DE 1998

## INDICE DE CONTENIDO

	Páginas
INDICE DE FIGURAS .....	i
INDICE DE CUADROS .....	ii
DEDICATORIAS .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INTRODUCCION .....	1
Hipótesis .....	2
Objetivo .....	2
REVISION DE LITERATURA .....	3
Generalidades del cultivo .....	3
Descripción botánica .....	4
Hoja .....	4
Raíz .....	4
Flores .....	5
Fruto .....	5
Semilla .....	5
Requerimientos ecológicos del cultivo .....	6
Suelo .....	6
Necesidades hídricas .....	6
Temperatura .....	6
Fotoperiodo .....	7
Adaptación geográfica .....	7
Requerimientos nutricionales .....	7

Cosecha .....	8
Estudios de la materia orgánica .....	8
Estudios sobre el estiércol .....	13
Investigaciones realizadas con biofertilizantes .....	14
Algunos aspectos microbianos de los procesos de fermentación .....	16.
Ventajas del efecto biofertilizante .....	16
Bases sobre estudios de compostificación .....	17
Factores que afectan el proceso de composteo .....	20
Microbiología .....	20
Separación.....	20
Tamaño de partículas .....	21
Nutrimentos.....	21
Humedad.....	21
Aireación.....	22
Agitación o volteo .....	23
Temperatura .....	23
Acidos húmicos .....	24
Estudios realizados con ácidos húmicos .....	26
MATERIALES Y METODOS.....	27
Localización del sitio experimental.....	27
Materiales .....	27
Suelo .....	29
Estiércol fermentado .....	31
Comercial (humiplex STD).....	31
Cultivo del cilantro .....	32
Métodos .....	32
Fraccionamiento de la M.O de suelo .....	32
Preparación de macetas .....	33
Siembra .....	34
Diseño experimental .....	35
Completamente al azar .....	35
Modelo estadístico .....	36
Parámetros a evaluar .....	36

Germinación .....	36
Altura de planta .....	36
Peso fresco .....	36
Peso seco .....	37
Medición del suelo .....	37
Labores del cultivo .....	37
Riegos .....	37
Control de malezas .....	37
Plagas .....	38
Enfermedades .....	38
Cosecha .....	38
RESULTADOS .....	39
Parámetros evaluados del cultivo .....	43
Germinación .....	43
Altura de plantas .....	47
Peso fresco .....	50
Peso seco .....	53
Determinación final del porcentaje de M.O, ácidos húmicos y fúlvicos.....	56
CONCLUSIONES .....	58
BIBLIOGRAFIA CITADA .....	61
APENDICE.....	65

## INDICE DE FIGURAS

	Paginas
Figura 1. Localización del sitio experimental .....	28
Figura 2. Comparación del porcentaje de ácidos húmicos de los diferentes materiales utilizados.....	41
Figura 3. Comparación del porcentaje de ácidos fúlvicos de los diferentes materiales utilizados .....	42
Figura 4. Representación gráfica de las plantas germinadas en las diferentes fechas .....	46
Figura 5. Representación gráfica de la altura de las plantas, medidas al final del experimento .....	49
Figura 6. Representación gráfica del peso fresco de cada tratamiento .....	52
Figura 7. Representación gráfica del peso seco de cada tratamiento .....	55

**INDICE DE CUADROS**

Paginas

Cuadro 1. Contenido de materia orgánica de cada uno de los materiales utilizados .....	29
Cuadro 2. Principales características físicas y químicas del suelo utilizado en el presente trabajo de investigación en el invernadero de la U.A.A.A.N. en 1998 .....	30
Cuadro 3. Cantidad en gramos de los materiales utilizados/maceta y su equivalencia en kg./ha. y el incremento de M.O al suelo al inicio del experimento .....	34
Cuadro 4. Porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos de los materiales utilizados .....	39
Cuadro 5. Comparación de medias de cuatro datos de germinación, a los 8, 11, 17, y 21 días después de la siembra .....	44
Cuadro 6. Altura de plantas tomadas al final del experimento .....	47
Cuadro 7. Valores obtenidos del peso fresco de todos los tratamientos .....	50
Cuadro 8. Valores obtenidos del peso seco en gramos .....	53
Cuadro 9. Determinaciones finales de cada	

## **DEDICATORIA.**

**A DIOS:** *Por haberme brindado la vida, la felicidad entre los nuestros, y la dicha de haber logrado la meta que alguna vez fue propuesta.*

*Dedico este trabajo muy especialmente con el respeto más sincero que se merecen a mis **PADRES.***

*Sr. Carmelino Alvarez Gómez.*

*Sra. Pascuala Ortiz Estrada.*

*Y por su gran lucha y entrega al trabajo honrado, me brindaron su apoyo, además de su amor y su confianza depositada en mí he logrado una más de mis metas; así mismo dedico la presente a mis **HERMANOS**, que los quiero mucho.*

*Rubí Magdalena*

*Obdulia del Carmen*

*Irene del Refugio*

*Víctor Alejandro*

*Yasmín Araceli*

*Lino Orlando*

*Everardo*

## **A MIS ABUELITOS**

*Sr. Cornelio Alvarez Anzuelo.*

*Sra. Filomena Gómez Ordoñez.*

*Sr. Ruben Ortiz (+)*

*Sra. Hernestina Estrada.*

*Por sus consejos brindados, y por sus constantes preocupaciones, al igual que a todos mis familiares.*

## **A MIS PADRINOS DE GRADUACIÓN:**

*Prof. Santiago Borraz*

*Profa.. Josefa González G.*

*Les dedico este humilde trabajo realizado con muchos esfuerzos como una muestra de admiración y respeto.*

*No podría faltar la dedicación del presente, a la familia **GUILLERMO ENCINA**, muy especialmente a mi novia María de los Angeles Guillermo Encina.*

*Que me brindaron su mano en una etapa muy importante de mi formación profesional.*



## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a **Dios** nuestro señor, que en el camino hacia mi profesión me halla brindado su bendición y así mismo en mi hogar para poder concluir mi carrera profesional.*

*Con mucho amor y respeto a mis **padres**, por haberme orientado al camino honrado para alcanzar las metas deseadas y por su gran apoyo incondicional. Muchas gracias.*

*Al Dr. Edmundo Peña Cervantes por su colaboración en la realización de este trabajo de tesis y por sus grandes aportaciones profesionales para el enriquecimiento del mismo. Así mismo amistad y confianza que me brindo.*

*Al MC. Juan Manuel Cepeda Dovala por su gran interés, dedicación, y disponibilidad a las aportaciones hechas sobre el trabajo de tesis.*

*Al MC. Ricardo Requejo López por sus revisiones, correcciones y aportaciones hechas para enriquecer el presente.*

*Al MC. Luis Miguel Lasso Mendoza por su valiosa participación en la revisión de esta investigación.*

*Al MC. Ruben López Cervantes por dedicar parte de su tiempo en la explicación del método de laboratorio.*

*A todos los ingenieros, laboratoristas que conforman el departamento de suelos, que de una u otra forma participaron en mi formación profesional. Y muy especialmente a la Sra. Paty Herrera por su apoyo brindado.*

*Agradezco a mis compañeros de generación por su amistad y respeto que me brindaron en todo momento.*

*A mi ALMA TERRA MATER por cobijarme en su seno rico en profesionistas capaces de orientar a aquellos que necesitan de ella, por que me ha dado los conocimientos necesarios para poder enfrentarme a la vida como un profesionista y pasar a formar parte de su gran familia.*

## **INTRODUCCION**

La agricultura ha desempeñado y seguirá desempeñando siempre un papel importante en las actividades del hombre, no cabe duda que uno de los primeros fenómenos que atrajo al hombre, fue la agricultura orgánica: En nuestros tiempos, los suelos están perdiendo materia orgánica más rápidamente de lo que puede ser reemplazada, si con el paso del tiempo permitimos que nuestros suelos sigan sufriendo estos daños traerán como consecuencia suelos compactos, raíces superficiales, mayor desagüe, menor desarrollo de las plantas, suelos con demasiados terrones y menos producción.

Una alternativa para tratar de evitar lo anterior es el utilizar fertilizantes orgánicos por medio de compostas, esta circunstancia nos debe estimular a incrementar la eficiencia productiva y con ello aprovechar mejor los residuos orgánicos que se derivan directa e indirectamente del sector agropecuario.

Esta necesidad de subsistencia, hace necesaria la creación de nuevas técnicas generadoras de fertilizantes, utilizando los recursos con los que contamos, entre una de estas técnicas, tenemos como mejor alternativa la biodegradación aeróbica y anaeróbica del estiércol de bovino, y las compostas de diferentes materiales orgánicos, así como con extractos líquidos.

Esta técnica nos permite la obtención de abonos orgánicos en tiempos relativamente cortos para ser incorporados al suelo, ya que el proceso de degradación natural del estiércol tardaría aproximadamente un año.

De lo anterior podemos analizar que los cultivos pueden desarrollarse de manera normal con la aplicación de biofertilizantes al igual que los fertilizantes químicos; ya que para controlar la calidad de los principales ingredientes o de algunas muestras en particular, es necesario recurrir a los análisis físicos, químicos y biológicos cumpliendo así, con la necesidad de conocer las características y propiedades de dichos materiales.

De esta manera lo que anteriormente se consideraba desperdicio ahora debe valorarse como materia prima para su aprovechamiento agrícola; por lo tanto, se requiere de otra tendencia para suministrar en el futuro los elementos nutritivos que requieren los cultivos.

## **HIPOTESIS**

Los ácidos húmicos y fúlvicos, se tomarán como parámetro de evaluación de la calidad de la composta, entre más ácido húmico contenga la composta ésta será la de mejor calidad y se reflejará en un mejor desarrollo del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum L.*).

## **OBJETIVOS**

1.- Caracterizar los materiales orgánicos utilizados de acuerdo a sus concentraciones de ácidos húmicos y fúlvicos.

2.- Evaluar la calidad de los sustratos en base al crecimiento del cultivo de cilantro y su contenido de ácidos húmicos

## **REVISION DE LITERATURA**

### **GENERALIDADES DEL CULTIVO**

El cilantro es un cultivo hortícola que es utilizado para el consumo de follaje en estado fresco, en ensalada y como condimento en guisos. La semilla se emplea en la industria confitera para hacer dulces, aromatizar licores y como saborizante de medicamentos, etc.

En México la producción de cilantro es importante en varios Estados del país como Coahuila, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, Morelos y el Estado de México, (Furcal, 1989).

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) proviene del griego koris, que significa chinche, por el aroma del fruto inmaduro, es nativo de Europa Meridional, Asia Menor y el Cáucaso, en donde se encuentra en forma silvestre y cultivado.

El género *Coriandrum* tiene dos subespecies, el cilantro cultivado por semillas y el perejil chino, cultivado por el follaje, (Tamaro, 1951).

El cilantro fue uno de los primeros miembros cultivados de la familia umbelífera. Los Judíos y Romanos usaron la raíz y semilla 5,000 A.C. Para dar

inmortalidad. La semilla fue localizada en una tumba egipcia siendo usada por los antiguos hebreos como una de las hierbas más amargas, ordenadas para preparar sus comidas en la pascua Judía. (Rodale, 1961).

El cilantro fue introducido en América en los años de 1670. las semillas son carnativas, aromáticas y son utilizadas como saborizante o condimento y también en la destilería. (Hedrich, 1972; Bedoukian, 1967).

### **DESCRIPCION BOTANICA.**

El cilantro es una planta anual, de un tallo que va de 60 a 70 cm. de altura.

Tamaro (1987) menciona que el tallo es vertical, foliáceo, ordinariamente ramoso y terminado por una umbela de flores blancas, ligeramente purpurinas.

#### **HOJAS.**

Las hojas son de un color que varía de un verde intenso a verde amarillento, son dos veces aladas y desiguales; los folíolos inferiores bastante anchos, ovales provistos de lóbulos dentados y los folíolos superiores largos estrechos, divididos en dos o tres segmentos lineales, (Tamaro, 1987).

Font (1978) menciona que tiene dos clases de hojas, las inferiores divididas en pocos y anchos segmentos, que recuerdan los del perejil, con los bordes dentados y los superiores mucho más coprosas y finamente divididas en lacinias lineales y agudas, tanto unas como otras lampiñas y alucidadas.

#### **RAIZ.**

El sistema radical es sencillo y fino, la raíz primaria es delgada y presenta una cantidad variable de pelos absorbentes.

Rodale (1961) menciona que a causa de su delicado sistema radical la planta no se adapta al transplante.

#### FLORES.

Las flores se agrupan en umbélulas o pequeñas umbelas, de seis a nueve umbélulas forman una umbela compuesta. La umbela está provista de una hojuela y la umbelilla de dos o tres vueltas hacia un lado.

Tiene un cáliz formado por cinco dientes, los pétalos están plegados en el vértice a modo de corazón, iguales en el disco, desiguales y más grandes en la periferia, (Tamaro, 1987).

#### FRUTO.

El fruto (diaquenio) es esférico de color amarillento oscuro formado por dos pequeñas semiesferas aplicadas la una contra la otra.

Los frutos constan de dos carpelos monospermos mericarpios, provistos de numerosos conductos oleíferos que contienen aceites esenciales.

#### SEMILLAS.

Las semillas son carnativas y aromáticas con una duración germinativa de seis a ocho años, las semillas viejas se conocen por el color rojizo y se deben desechar.

La semilla germina entre los 10 – 21 días después de la siembra y la temperatura óptima para su germinación es de 15° C. (Tamaro 1987; Pérez 1936; Leñado, 1973).

## **REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS DEL CULTIVO**

### **SUELO.**

El cilantro es una planta muy poco exigente a la naturaleza del suelo, ya que se desarrolla relativamente bien en tierras donde otros cultivos no prosperan, sin embargo, para obtener los rendimientos más elevados es preciso cultivarlo en suelos ligeros, profundos, fértiles y de mediana consistencia y ricos en materia orgánica, con un pH ligeramente ácido (Morales, 1987).

### **NECESIDADES HIDRICAS.**

Ruíz (1966), Indica que la humedad es un factor importante ya que determina la velocidad de transpiración, la cual aumenta en proporción inversa al grado de humedad existente en la atmósfera; por lo tanto la cantidad de vapor de agua en el medio permite reparar o limitar la pérdida de agua que sufren los vegetales en este proceso, encuentro también que las altas producciones de cilantro podría ser obtenidas en áreas con 250 – 300 mm. de lluvia durante los períodos de germinación de semilla a maduración de fruto.

### **TEMPERATURA.**

La temperatura es un factor que influye directamente sobre la distribución geográfica de las especies, la temperatura desempeña un papel importante, ya que de ella dependen los procesos fisiológicos de la planta. Otros trabajos reportan que el cilantro obtiene altas producciones cuando la temperatura ambiental oscila entre los 16 y 20° C, durante el ciclo vegetativo, (Ruíz, 1966).

## FOTOPERIODO.

Existen pocos estudios reportados en relación a los requerimientos del período más apropiado para el óptimo desarrollo del cultivo. Sin embargo en días largos el peso del cilantro es reducido por el tiempo a floración prematura.

## ADAPTACION GEOGRAFICA.

Ruíz (1966), reporta que el cilantro prospera a latitudes que van desde los 55° latitud norte, hasta los 25° latitud sur, y altitudes que varían desde los 14 m.s.n.m. hasta 2350. por lo que es un cultivo que tiene un amplio rango de adaptabilidad.

## REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.

El cultivo del cilantro demanda de grandes concentraciones de nitrógeno y fósforo, en donde los micronutrientes no se requieren; Fernández (1968), menciona que los agricultores de Ramos Arizpe, Coahuila, usan las dosis de 100 kg/ha. de la fórmula 18 – 46 – 00 incorporándolo a la siembra y 50 kg/ha. de urea cuando la planta ha alcanzado 10 cm de altura.

En el sur del Estado algunos horticultores utilizan los abonos orgánicos para suministrar nitrógeno al cultivo en proporciones de 30 a 40 ton/ha. lo cual es muy difícil de conseguir y trasladarlo desde lugares donde se produce por lo que es más factible el uso de fertilizantes químicos nitrogenados.

## COSECHA.

García (1973), menciona que el cilantro se cosecha cuando la planta ha alcanzado una altura promedio de 25 – 30 cm. y su coloración es verde intenso, esto



se logra de los 60 – 65 días después de la siembra en verano y a los 120 – 125 días en siembra de invierno.

Morales (1987), cita que es recomendable cortar el follaje antes de que la planta produzca el tallo floral.

## **ESTUDIOS DE LA MATERIA ORGANICA**

Narro y Mendez (1982), señalan que los mejoradores del suelo son productos de diferente origen y composición que al ser aplicados al suelo producen cambios en éste, que repercuten en una mayor eficiencia en el desempeño de las funciones que tiene el suelo en beneficio de las plantas.

Narro (1994), menciona que la materia orgánica procede directa o indirectamente de las plantas superiores y, en pequeñas proporción, de otros organismos - algas y bacterias - capaces de sintetizar productos orgánicos a partir de elementos inorgánicos y compuestos simples. Los materiales orgánicos que sintetizan las plantas se consumen por una gran variedad de seres vivos, quienes lo degradan parcialmente o los transforman en nuevos compuestos orgánicos dentro de la cadena alimenticia, y finalmente los depositan como restos vegetales y animales en el suelo, en donde los microorganismos y otras reacciones químicas los transforman a otros compuestos más simples, de menor energía.

De acuerdo con su estado de descomposición, la materia orgánica del suelo puede clasificarse en tres categorías: seres vivos, hojarasca, y humus.

En la práctica los límites entre estas categorías no son diferenciados con claridad, por lo que esta clasificación puede catalogarse como conceptual.

1.- Seres vivos. Generalmente éstos dependen de las condiciones del suelo para su desarrollo y su abundancia se relaciona estrechamente con la disponibilidad de agua y nutrimentos, temperatura y sus variaciones.

Las plantas son el grupo más importante de esta categoría, sus raíces anclan y afectan fuertemente las características del suelo. El material que rodea a las raíces

vivas o en descomposición contiene gran cantidad de macro y micro organismos, entre los cuales se encuentran insectos, anélidos, moluscos, miriápodos, arácnidos, nematodos, hongos, bacterias, algas y otros.

2.- Hojarasca. Está constituida por cualquier tipo de materia orgánica en proceso de descomposición rápida. En este proceso los residuos de cosecha y otros materiales orgánicos son descompuestos por microorganismos del suelo, primero en forma rápida - mientras la población microbiana crece - y posteriormente en forma lenta, cuando los productos residuales - lignina, resinas, grasas, ceras y otros - son más resistentes a la descomposición y disminuye la disponibilidad de alimento.

La velocidad de descomposición de la materia orgánica depende de la cantidad de sus componentes, de los microorganismos presentes en el suelo y de las condiciones del ambiente. Al proceder la descomposición de la materia orgánica se genera el humus.

3.- Humus. Compuesto por la materia orgánica más resistente a la descomposición rápida por microorganismos del suelo, compuesta principalmente por lignina, aminoácido, carbohidratos, celulosa, hemicelulosa, grasa, ceras, resinas y otros compuestos. Aproximadamente el 56% del humus es carbón; el 35% oxígeno, el 3.5% hidrógeno, y tiene una relación C/N 10/1, relación C/P y C/S es 100/1. La coloración del humus es casi negra; sus tipos dependen del material descompuesto y del medio ambiente.

La concentración mayor de materia orgánica se encuentra generalmente en el suelo superficial, debido a que en esta parte del suelo crece la mayoría de las raíces y las condiciones de humedad, fertilidad, aireación, y temperatura son más adecuada para los seres vivos.

La concentración de materia orgánica varía con la época del año; es mayor cuando la lluvia y la temperatura favorecen el crecimiento de las plantas y la velocidad de descomposición de este material es lenta.

Muchas de las características de los suelos están determinadas por el tamaño de las partículas minerales y por el área superficial que presentan.

Tales características pueden ser grandemente modificadas por la materia orgánica, de modo especial por el humus, cuya capacidad de intercambio catiónico varía desde 100 a 400 me/100 g.

Principales efectos de la materia orgánica (hojarasca y humus) sobre las características del suelo y los cultivos:

1.- La materia orgánica favorece la formación de agregados y la estructuración del suelo; debido a su acción cementante, incrementa la agregación de las partículas sólidas y mejora la estabilidad estructural, lo cual trae como consecuencia:

a).- Reducción de la densidad aparente y de la densidad de sólidos.

b).- Incremento de la porosidad total del suelo.

c).- Incremento de la aireación del suelo. Los residuos de raíces al ser descompuestas dejan espacios entre las partículas sólidas, lo que facilita la penetración del agua y del aire.

d).- Cambios en la capacidad de humedad; generalmente se incrementa la humedad disponible para las plantas y se mejora la eficiencia en el uso del agua.

e).- Se modifican la velocidad de infiltración del agua al suelo y la conductividad hidráulica. En suelos de tipo migajón arcilloso, los valores de estas variables pueden reducirse poco tiempo después de la agregación e incorporación de la materia orgánica, pero posteriormente aumentan.

f).- Disminuye la conductividad térmica del suelo, haciéndolo más resistente a los cambios bruscos de temperatura.

g).- Disminuye la resistencia del suelo a la penetración de raíces y al crecimiento de órganos vegetales subterráneos.

h).- Aumenta la facilidad de laboreo, lo que permita ahorrar combustible y reduce el desgaste de los implementos agrícolas.

2.- La materia orgánica produce los siguientes cambios en la superficie del suelo.

- a).- Oscurece el color del suelo; así, aumenta la capacidad de éste para absorber la energía radiante del sol.
- b).- Amortigua el impacto de las gotas de lluvia y del viento; por tanto aumenta la resistencia a la erosión.
- c).- Evita o reduce la formación de "costras".
- d).- Se usa como acolchado para reducir las pérdidas de agua por evaporación.
- e).- Favorece el almacenaje de agua aprovechable y el humedecimiento del perfil de suelo a mayor profundidad.

3.- Por otra parte, la materia orgánica juega un papel importante al mejorar la fertilidad natural del suelo a través de diferentes mecanismos, tales como:

- a).- Es fuente de nutrimentos para las plantas y de alimento y de energía para los microorganismos y otros seres vivos del suelo.
- b).- Mejora la fertilidad natural del suelo y se maneja apropiadamente, ya que libera nutrimentos durante su descomposición y produce ácidos orgánicos capaces de disolver minerales y ponerlos en forma aprovechable por las plantas.
- c).- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- d).- Eleva su capacidad amortiguadora de cambios en pH.
- e).- Forma compuestos orgánico - minerales que favorecen la absorción de nutrimentos por las plantas.
- f).- Puede ser utilizada para reducir el contacto suelo - fertilizante en aquellos suelos donde exista problemas de fijación de fósforo, hierro, zinc u otro nutrimento vegetal.
- g).- Amortigua cambios químicos cuando se aplica junto con los fertilizantes.
- h).- Durante su descomposición libera sustancias hormonales reguladoras del crecimiento vegetal.

4.- Algunos tipos de materia orgánica pueden ser fuente de sustancia fitotóxicas o de productos perjudiciales para las plantas o para los microorganismos del suelo. Por otro lado, la adición de materiales orgánicos de relación C/N alta genera inmovilización del nitrógeno disponible para las plantas, y si esto se hace inmediatamente antes de la siembra, el cultivo será afectado negativamente.

Los agentes patógenos y parásitos de los cultivos utilizan a menudo los residuos de cosecha y otros materiales orgánicos del suelo para invernar o pasar de un ciclo de cultivo al siguiente.

Además de los efectos de la hojarasca y del humus sobre las propiedades del suelo, los seres vivos - raíces, lombrices, bacterias, insectos, etc. están continuamente produciendo cambios en éste, y sus efectos pueden ser de mayor importancia que los mencionados.

## **ESTUDIOS SOBRE EL ESTIERCOL**

Muchos investigadores hacen referencia a las bondades de los estiércoles, por lo que se mencionan algunos aspectos importantes de sus trabajos.

Rico (1981), indica que el estiércol es uno de los fertilizantes más importantes y que en la actualidad ha sido sustituido por los fertilizantes químicos, es por esto que el estiércol presenta muy poco cuidado en la conservación de sus nutrimentos por medio de su manejo y almacenamiento.

Resulta difícil precisar cifras de la composición del estiércol, esto es a causa de un número variable de factores que entran y pueden cambiar radicalmente las cantidades y proporciones de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O presentes (Buckman y Brady, 1977).

Los factores que determinan el valor del estiércol son los siguientes:

- Modo de conservación (manejo y almacenamiento).
- Edad de los animales.
- Especie animal.
- Tipo e intensidad del régimen alimenticio.

En lo que se refiere a la composición química del estiércol Selk (1968), señala que el estiércol vacuno en sus heces fecales contiene 80% de agua, 18% de

M.O, 0.30% de nitrógeno total, 0.05% de nitrógeno soluble, 0.20% de  $P_2O_5$ , 0.10% de  $K_2O$  y 0.10% de Ca, Así la maduración del estiércol consiste en transformaciones microbianas y bioquímicas del estiércol fresco, hasta el estado de estiércol maduro. La maduración generalmente es lenta, es una mineralización de los productos orgánicos, con producción de materias más sencillas directamente asimilable por las plantas, Baeyens (1970).

El estiércol es uno de los residuos agrícolas más importantes, ya que como abono animal es más valioso por su materia orgánica que aporta que por sus nutrientes fertilizantes (Muñoz, 1983).

### **INVESTIGACIONES REALIZADAS CON BIOFERTILIZANTES**

De acuerdo a Baquedano *et al* (1979) describen a la "digestión anaeróbica" como un proceso de estabilización de la materia orgánica en un medio sin oxígeno principalmente a partir de bacterias, éste proceso involucra siempre a dos tipos de bacterias que actúan simultánea y equilibradamente; siendo las acidificantes y las metanógenas. El accionar específico de ambos grupos nos permite describir el proceso de fermentación anaeróbica, el cual podemos separar en tres etapas:

- a).- Licuación de la materia orgánica.
- b).- Formación de ácidos volátiles.
- c).- Formación de gas metano.

*En la primera etapa de licuación, la materia orgánica que generalmente está en estado sólido o semisólido, es descompuesto por las bacterias en partículas simples (macromoléculas) asimilables. Este proceso se realiza por la segregación de enzimas producidas por ellas y otros fenómenos principalmente por la hidrólisis de las grandes partículas solubles en que la rapidez del proceso es directamente proporcional a la capacidad de dilución de la materia orgánica en el suelo.*

La segunda etapa de la formación de ácido acético, propionico y butírico, principalmente, de los cuales éste último se presenta en menor cantidad que el primero. Estos ácidos son los que pasan a ser alimento de las bacterias metanógenas.

Otra función de este grupo de bacterias acidificantes es la de eliminar el oxígeno del medio interior del digestor, condición especial para la vida de las bacterias metanógenas que son anaeróbicas.

La tercera etapa es la formación de metano, se caracteriza por la entrada en acción de las bacterias metanógenas, las que alimentándose de los desechos de las bacterias acidificantes, fabrican gases (entre ellos el metano); de ahí la denominación de biogas y los efluentes, llamados biofertilizantes, pues son producidos de una acción biológica.

Abencerraje (1986), señala que los fertilizantes líquidos se obtienen mediante un proceso de fermentación anaeróbica del estiércol; utilizando un sistema herméticamente cerrado dentro del cual se coloca el material orgánico mezclado con agua corriente.

Augenstein (1976), concluyó que en el proceso de digestión los organismos que se encuentran en un medio cerrado de fermentación anaeróbica consumen sustrato ya sea estiércol u algún otro material orgánico, dando como productos finales, metano, bióxido de carbono, biomasa y un residuo no procesado.

Entre las ventajas figuran la eliminación de algunos componentes indeseables del sustrato como son los ácidos en el estiércol; el gas producido es un combustible mucho más utilizable que el sustrato, el lodo residual que contiene biomasa son valiosos como material fertilizante.

## **ALGUNOS ASPECTOS MICROBIANOS DE LOS PROCESOS DE FERMENTACION**

Alexander (1980), publicó que los microorganismos fermentadores anaeróbicos más comunes en la naturaleza, son miembros del género *Clostridium*, siendo algunos celulolíticos, presentando ésta capacidad en las especies *Clostridium Cellobiopasum* y *Clostridium thermocellum*.

Arias (1978), indicó que los residuos de la fermentación (efluentes), contienen una alta concentración de nutrientes y materia orgánica, por lo cual se considera como fertilizantes excelentes. Estos residuos no sólo contienen los llamados nutrientes o elementos mayores (N, P, K), sino también los menores, así como vitaminas y hormonas, para el crecimiento vegetal.

El biodegradado no posee mal olor, ni contamina, tampoco atrae moscas puede ser aplicado directamente al campo en forma líquida o bien ser deshidratado y almacenado para usarse posteriormente.

También puede servir como materia prima para producir compostas mezcladas con rastrojos, además puede utilizarse para cultivos por hidroponía, en los que se proporciona a la planta humedad y los nutrientes que requieren sin utilizar tierra, (Gómez y Viniegra, 1979).

### **VENTAJAS DEL EFECTO BIOFERTILIZANTE**

- Posee una mayor cantidad de nitrógeno que la materia prima original en base seca, el que mediante el proceso de digestión se torna más asimilable por las plantas.
- Es un buen material para el mejoramiento de los suelos.
- A diferencia del estiércol fresco, no posee olores desagradables.
- No contiene bacterias patógenas o semillas de malas hierbas, puesto que el proceso de digestión las elimina
- Un metro cúbico de biofertilizante producido diariamente puede fertilizar más de 100 m<sup>2</sup> de tierra por año a un nivel de 200 kg de N/ha., Pichardo (1980).

### **BASES SOBRE ESTUDIOS DE COMPOSTIFICACION**



El primer avance importante en la compostificación ocurrió en 1925 y fue desarrollado por el inglés Sir Albert Howard en la India. Este investigador sistematizó los procesos empíricos tradicionales y obtuvo una composta de calidad aceptable.

Tal metodología fue llamada proceso Indore y consiste en depositar capas sucesivas de basura en zanjas o pilas en donde la masa se voltea cada 180 días y se obtiene un abono de excelente calidad, y desarrolló experimentos sobre los aspectos básicos de la compostificación de desechos urbanos. Además su estudio brindó información sobre los tipos de microorganismos presentes; técnicas para analizar las condiciones de la composta durante y después del proceso, así como características de los materiales aptos para la compostificación. (Cruz, 1986),

Son notables y rápidos los cambios que durante estos últimos años han experimentado las técnicas de cultivo de las plantas en macetas y contenedor, donde los sustratos o medios de cultivos destinados a este fin puede tener una composición muy variable, desde el suelo mineral u otros componentes inorgánicos, hasta materiales orgánicos naturales o sintéticos, pasando por mezclas de ambos tipos de ingredientes de distintas proporciones (Ansorena, 1984).

El mecanismo para la elaboración de la composta incluye algunas variables que van desde la recepción y selección de la basura hasta la comercialización. Durante este proceso uno de los factores más importantes es la biodegradación de la materia orgánica. Este método permite reutilizar hasta un 80% de los desechos sólidos en un tiempo relativamente corto (Cruz, 1986).

Además de que estos materiales ya compostados proporcionan elementos mayores como nitrógeno, fósforo y potasio, también elementos menores como fierro, manganeso, zinc, etc. Proporcionan También una gran cantidad de materia orgánica la que según explica Allison (1967) tiene un efecto favorable sobre la formación de agregados en un suelo. Se ha observado que la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica, ya sea en forma de estiércol, residuos vegetales, desechos urbanos estabilizados (compostados) tienen efecto directo en la nutrición vegetal ya que aporta elementos mayores y menores, además de que propicia cambios en la

velocidad de liberación de fósforo y potasio contenidos como minerales inorgánicos y mineraliza algunos nutrimentos como el fierro y cobre (Fuller, 1969).

La composta se define según Jeavons (1994), como una biomasa completamente digerida y/o una materia orgánica que posee la estructura del humus. Mucha de la composta que se produce actualmente es sólo de un amontonamiento de materia orgánica que se califica de “composta terminada” sin que haya alcanzado el estado de humus o habiendo llegado muy lejos en el proceso de descomposición. Así mismo menciona que es particularmente importante entender que no toda la biomasa de composta y la materia orgánica, son composta.

Además comenta que la materia verde proveniente de cosecha fresca de algún cultivo para abono verde, proporciona nitrógeno a la pila de composta, en tanto que la materia seca proveniente de una cosecha anterior o de otros materiales secos como hojas o pajas proporcionan carbón, el cual retienen el nitrógeno, que disuelve el agua en la composta (y más tarde en el suelo).

Jeavons (1994), menciona que cuando se aplica al suelo la composta ya fermentada los microorganismos siguen alimentándose con el humus, en este proceso se liberan los nutrimentos dentro de las partículas en forma aprovechable para las plantas.

Se considera así que los microorganismos son una parte inseparable del humus, ya que no puede existir uno sin el otro.

Existen otros componentes del suelo que pueden retener e intercambiar nutrimentos con las raíces de las plantas: Sin embargo, es mucho mayor la capacidad de retención e intercambio de nutrimentos en el humus.

En una investigación realizada sobre abonos, encontró que los abonos verdes son por lo general leguminosas, desarrolladas específicamente con el propósito de ser incorporados al terreno antes de su fructificación, para elevar la fertilidad del suelo. En años pasados, cuando los fertilizantes químicos eran menos populares y la presión por la tenencia de la tierra menos intensa, los abonos verdes jugaban un papel

importante en la empresa agrícola, en la actualidad, su uso en México sólo se establece en circunstancias especiales.

En un Folleto de FAO publicado en 1982 se menciona que el compostaje es la descomposición de la materia orgánica por una gran cantidad de microorganismos en un medio húmedo, caliente, aireado para dar como producto final un humus.

Además éste está formado por las partes más resistentes de la materia orgánica, productos del proceso de descomposición, microorganismos muertos y algunos microorganismos vivos, junto a productos de reacciones posteriores entre estos materiales. Para que el proceso produzca un composte de buena calidad a los microorganismos se le debe de proveer de alimento, aire y humedad en condiciones óptimas, así como una temperatura moderada.

El objeto de preparar compostas utilizando subproductos orgánicos, es el de obtener de ellos elementos de fácil asimilación por las plantas.

Briz, (1991) menciona que la composta procedentes de basura urbana es un material orgánico que puede ser utilizado como fertilizante en la agricultura, ya que, con su incorporación al suelo beneficia notablemente la fertilidad del mismo, por su contenido de macro y micronutrientes y el incremento favorable de la actividad microbiana. Por otro lado, la utilización de basura en la agricultura es un medio para reciclar la materia orgánica y evitar su acumulación en zonas urbanas.

## **FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DEL COMPOSTEO**

Dalzell y Biddlestone (1991), en un experimento sobre el manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales publicado por la FAO en el folleto de suelos número 56, hacen saber que los factores que afectan el proceso del composteo son los siguientes:

**MICROBIOLOGIA.**

El compostaje es un proceso microbiano constante cambiante producido por las actividades de una sucesión de varios grupos de microorganismos cada uno de los cuales es apropiado para un medio de duración relativamente limitado.

#### SEPARACION.

El composte de buena calidad de material orgánico tiene un alto contenido de materia orgánica. Algunos desechos compostables, particularmente de áreas industriales, pueden contener niveles altos de metales como cobre, plomo, níquel y zinc. Otros materiales orgánicos tales como vidrio, plástico, y fibras artificiales deben también ser eliminados.

#### TAMAÑO DE PARTICULAS.

Cuando más pequeño sea el tamaño de las partículas del material orgánico, mayor será el área superficial disponible para el ataque de los microorganismos.

#### NUTRIMENTOS.

El proceso del compostaje depende de la acción de los microorganismos que requieren una fuente de carbono, que les proporcione energía y material para nuevas células.

El nitrógeno es el nutriente más importante y, en general, si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica original la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas.

Para maximizar el contenido de nutriente del composte es importante reducir el lavado o la lixiviación de la pila mediante su protección contra las lluvias fuertes y encharcamientos.

#### HUMEDAD.

Durante el compostaje por la acción microbiana se produce agua y se pierde por evaporación con la corriente de aire.

En algunos procesos de compostado en los que se insufla aire forzado, la pérdida de humedad puede ser excesiva; éste puede ser el caso en climas muy cálidos con aireación natural, por tanto, puede ser necesario proporcionar humedad adicional a la pila de composte. Esta se puede suministrar como agua o como materiales adicionales de alto contenido de humedad tales como desechos de cítricos, y sandías.

En condiciones tropicales los materiales estarán a menudo más secos que en climas templados y se secarán también más rápidamente durante el compostaje. Se debe tener cuidado en asegurar un contenido de humedad adecuado en todo momento.

Esto se puede lograr en la práctica de la siguiente forma.

- Mojando la mezcla inicialmente, y cuando sea conveniente durante el proceso.
- Composteando en fosas para reducir la evaporación. El uso de fosas durante el periodo húmedo puede llevar al encharcamiento, en esta estación la pila se debe de construir sobre el terreno.
- Protegiendo la pila de la luz solar directa.
- Colocando las pilas o las fosas con sus lados largos paralelos a la dirección del viento dominante.

#### AIREACION.

Un suministro adecuado de aire a todas las partes de una pila de composte es esencial para el suministro de oxígeno a los organismos y para eliminar el dióxido de carbono producido.

La ausencia del aire (condiciones anaeróbicas) conducirá al desarrollo de distintos tipos de microorganismos, causando una conservación ácida o bien una putrefacción de la pila que producirá malos olores. La aireación se logra por el movimiento natural del aire hacia el interior de la pila de composte mediante el volteo periódico del material, a mano, bioldos o con máquinas según sea la medida de la pila.

## AGITACION O VOLTEO.

El volteo del material a mano, o con una maquina, permite que el aire penetre. La agitación también ayuda a romper los pedazos más grandes de material, exponiendo superficies frescas al ataque de los microorganismos.

En sistemas de composteados sencillos que usan flujos naturales del aire, voltear la pila dos o tres veces debería ser suficiente. Estos volteos permiten también añadir humedad extra a la pila, en el caso que fuese necesario.

## TEMPERATURA.

Cuando se junta material orgánico para el compostaje, parte de la energía liberada por la descomposición del material se desprende como calor, y esto origina un aumento en la temperatura.

Al comienzo del procedimiento, el material se encuentra a temperatura ambiente. En la primera etapa, calentamiento gradual, los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y las temperaturas se elevan. Durante este período se descomponen todos los compuestos muy atacables tales como azúcares, almidones y grasas. Cuando la temperatura alcanza los 60° C. la actividad de los hongos cesa y la descomposición es llevada a cabo por los actinomicetos y las cepas de bacterias que forman esporas

## **ACIDOS HUMICOS**

El ácido húmico es un material de origen biológico natural, producto de la degradación biológica de la materia orgánica; no es tóxico para los humanos y animales de sangre caliente. Este también puede obtenerse de materiales inorgánicos como es el caso del mineral leonardita, presentándose en forma natural como lignito oxidado

Es un producto que se comercializa en forma líquida principalmente, aunque también en polvo (Omega 1989).

El complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo, que se extrae del suelo por soluciones de alcalis, sales neutras o disolventes orgánicos, llevan el nombre de sustancias húmicas. (Cononova, 1981).

En el grupo de los ácidos húmicos están englobadas las materias que se extraen del suelo con disolventes (NaOH, KOH, NH<sub>4</sub>OH, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, NaF, oxalato sódico, urea y otros), y que al acidificar con ácidos minerales, se precipitan de las soluciones.

Sprengel, Berzelius, Mulder, German y otros investigadores del siglo pasado separaron de distintos sustratos una serie de representantes de los ácidos húmicos, y resultó que su composición elemental y propiedades variaban ligeramente.

Según las ideas de la química clásica, generalmente aceptadas en aquel tiempo, se consideraba que estas diferencias caracterizan la naturaleza individual y la posición independiente de cada uno de los representantes de los ácidos húmicos. Así surgieron los conceptos sobre los ácidos húmicos, úlmicos, mucicos, fumínicos, y otros, pero poco a poco se fue poniendo en claro que los ácidos húmicos de distintos suelos, turbas, restos vegetales en composición, a pesar de toda su diversidad, conservan unos principios de estructura muy semejante.

En el proceso de digestión anaeróbica también puede existir la formación de algunas sustancias como los ácidos que se mencionan a continuación:

Estas sustancias se subdividen en los siguientes grupos:

- Ácidos húmicos.
- Ácidos crenicos y apocrenicos.
- Ácidos himatomelánicos.
- Huminas y ulminas.

Schnitzer y Poatpst (1967), encontraron que los compuestos húmicos son sustancias ácidas que se presentan en la materia orgánica del suelo en concentraciones que van de casi cero hasta cerca de 100%. A causa de su capacidad de intercambio y habilidad para formar complejos con iones metálicos e hidróxidos, estos compuestos afectan la viabilidad de nutrientes a las raíces y sistemas biológicos de las plantas.

Kuwatsuka, *et al.* (1978), dicen que los tratamientos con ácidos húmicos dan altos resultados sobre el cultivo, así como proliferación en el crecimiento de raíces y aumento en el área foliar.

Por lo tanto Fernández (1968), Kononova (1982) mencionan que la aplicación de pequeñas cantidades de sustancias húmicas aumentan la producción de materia seca en la planta, la concentración óptima de sustancias húmicas para efecto de máxima estimulación de ácidos húmicos aumenta la producción debido a los desbalances fisiológicos que sufre la planta.

### **ESTUDIOS REALIZADOS CON ACIDOS HUMICOS.**

Stevenson (1972), afirma que las sustancias húmicas tienen influencia directa sobre el crecimiento, por los efectos que tiene sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además por sus efectos nutrimentales, ya que sirven como fuentes de nitrógeno, fósforo y azufre para funciones biológicas de las plantas y de los microorganismos, lo cual se refleja en un incremento en la producción de los cultivos.



Guminski *et al.* (1965), atribuyen a los ácidos húmicos presentes en la materia orgánica del suelo, el estímulo de crecimiento a las plantas de tomate, los cuales actúan como quelatantes de hierro haciéndolo disponible para las raíces. Sin embargo, atribuye a los ácidos húmicos la capacidad de elongación celular en las raíces del chicharo; esto debido a que tiene la característica de formar complejos de hierro en los tejidos, Demostró también que las sustancias húmicas inducen un mayor desarrollo del sistema vascular en tomate y en betabel, seguido de un incremento en el transporte de los nutrimentos. Ha sido propuesto que los ácidos húmicos tienen su mayor efecto sobre las células meristemáticas.

Las sustancias húmicas se han considerado como promotores esenciales en la iniciación de las raíces en esquejes de geranio, los humatos del sodio, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y la leonardita a concentraciones de 0.05% indujeron la formación de raíces; por lo que concluye que estos tienen acción semejante a las auxinas (O'Donnell, 1973).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL.**

Este trabajo de investigación se efectuó en laboratorios del departamento de suelos y en invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (U.A.A.A.N), que se encuentra geográficamente situada a 25° 22' de latitud Norte, una longitud oeste de 101° 00' y a una altitud de 1,742 MSNM, ubicado en Buenavista a siete kilómetros al sur de la Ciudad de Saltillo, Capital del estado de Coahuila, México. Representada en la figura 1.

### **MATERIALES.**

Dentro de este trabajo de investigación se usaron las compostas fabricadas con residuos agrícolas y urbanos (Coronel 1996) y materiales fabricados anaeróbicamente.

Los materiales compostados aeróbicamente y anaeróbicamente utilizados son:

- Bagazo de caña de azúcar
- Lirio acuático
- Residuos de cocina
- Celulosa
- Aserrín
- Paja de trigo
- Biodegradado de estiércol de bovino (anaeróbicamente)
  - Sólido
  - Líquido



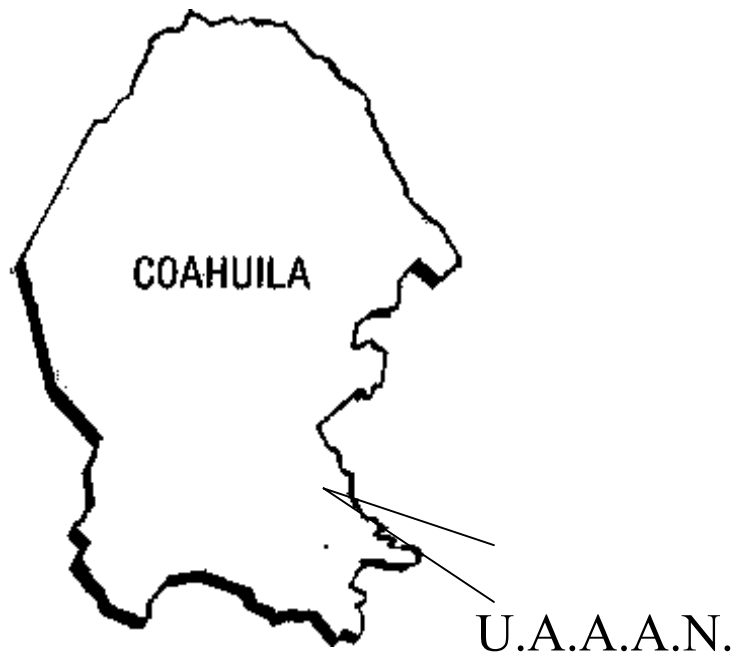


Figura 1. Localización del sitio experimental.

Además de estos materiales, se utilizó como punto de referencia un producto comercial de ácido húmico (Humiplex STD).

CUADRO 1. Contenido de materia orgánica de cada uno de los materiales utilizados.

MATERIALES (COMPOSTAS)	% DE MATERIA ORGANICA
Bagazo de caña	40.0
Lirio acuático	35.0
Residuo de cocina	33.0
Celulosa	30.0
Aserrín	31.0
Paja de trigo	34.0
Estiércol	58.0
Biodegradado líquido	0.53
Comercial (Humiplex STD)	53.7
Suelo	3.8

## SUELO

En este trabajo se utilizó suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N), para la preparación de las macetas al cual se le determinarán algunas de sus características físico - químicas, que se presentan en el cuadro N° 2. Este suelo es de la parte este de la Universidad, encontrándose junto a la biblioteca, y cultivo nogalero, en donde tienen una cierta influencia de los alumnos universitarios; ya que es un lugar en donde realizan sus prácticas agronómicas.

De alguna manera este tipo de suelo es representativo de las regiones norte del país, la cual es de origen calizo, textura arcillosa, con una profundidad mayor de dos metros en algunas regiones y menor en otras, dependiendo del relieve.

CUADRO N° 2 Principales características físicas y químicas del suelo utilizado en el presente trabajo de investigación en el invernadero de la U.A.A.A.N, 1998.

PROPIEDADES DEL SUELO	UNIDADES	METODO	RESULTADOS
textura migajon arcillo arenoso	Arena %	Hidrometro	47.20
	Limo %	de	28.00
	Arcilla %	Bouyucos	24.80
pH	Relación 2:1	Potenciómetro	8.15
Da	$\text{g/cm}^3$	Probeta	1.10
M.O.	%	Walkley y Black	3.76
C.E	mmhos/cm	Puente de Wheastone	0.90
CO <sub>3</sub>	%	Volumétrico	61.38
N	%	Kjeldahl	0.25
P	mg/kg	Olsen	177.39
K	%	Cobaltinitrito de sodio	0.70

C.I.C	meq/100g	Acetato de amonio	41.60
Ca	meq/100g	Acetato de amonio	140
Mg	meq/100g	Acetato de amonio	6.30
Na	meq/100g	Acetato de amonio	4.34
K	meq/100g	Acetato de amonio	15.00

Conforme a las características físicas y químicas del suelo utilizado en la presente investigación, se tiene que es un suelo con textura migajón arcillo arenoso, con un pH ligeramente alcalino indicando que es un pH común para los suelos minerales de la región árida o semiárida de la parte norte del país, así mismo podemos observar que presenta un alto contenido de M.O considerándose rico en ésta propiedad tan importante para la producción, además tiene una C.E de 0.90 mmhos/cm, lo que indica que es un suelo libre de sales que puedan impedir el crecimiento y desarrollo de las plantas; posteriormente, en el análisis de carbonatos totales se presenta un dato muy alto que viene siendo algo normal por ser un suelo de origen calizo característico de los suelos de la región norte del país.

Se realizó también un análisis de los elementos primarios como el N total, P asimilable, y K intercambiable, en donde resultaron ser muy ricos.

Se puede observar también que el suelo es saturado ya que presenta una C.I.C de 41.60 meq/100 g y una suma de cationes intercambiables de 165.64; los resultados aunque elevados, son normales para este tipo de suelo, ya que el puro calcio nos indica un PSB mayor que la C.I.C. cuando es determinado con lavados de acetato de amonio.

#### ESTIERCOL.

Este es un material con un contenido de nutrimentos muy importantes, tanto que se venía utilizando como fertilizante orgánico; pero hoy en nuestros días, los químicos lo han sustituido. En la presente investigación, éste se utilizó como fuente para la obtención de un biofertilizante (anáeróbicamente).

## HUMIPLEX STD.

Este es un producto comercial de ácidos húmicos extractado u obtenido de la leonardita, se presenta con un 5% de ácido húmico de liberación rápida y con un 55% de ácido húmico de liberación gradual.

Se dice también que el humiplex STD es materia orgánica concentrada conteniendo sustancias húmicas. Mejora los suelos incrementando la eficiencia en la asimilación de los nutrimentos, combatiendo la salinidad y mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas de estos.

En suelos arenosos mejora la estabilidad de las fuerzas de tensión por lo que la retención de humedad es mayor; en los suelos arcillosos se evitan las grietas y así se reduce el estrangulamiento de raíces y cuellos de plántulas. Incrementa las poblaciones de los microorganismos ayudando a descomponer la materia orgánica, fijando más nitrógeno atmosférico y mejorando la aireación y porosidad de los suelos.

Este producto se puede aplicar a cualquier tipo de cultivo. (Según el diccionario de especialidades agroquímicas 1997).

## CULTIVO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum L.*).

Se utilizó este cultivo ya que es de ciclo corto y de muy fácil manejo, con el propósito de una pronta observación de los materiales en estudio.

## **METODOS**

### FRACCIONAMIENTO DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

El conocimiento del nivel de materia orgánica existente en el suelo es de gran interés, pero es así mismo importante conocer cuál es el estado de dicha materia orgánica, sobre todo su grado de humificación. La relación C/N es un índice del

grado de humificación pero, si se quiere tener un conocimiento más completo, se debe recurrir a su extracción y fraccionamiento.

Entre los métodos existentes para la extracción y fraccionamiento de la materia orgánica del suelo, el más comúnmente utilizado consiste en la extracción de la materia húmica, con NaOH en caliente, y precipitación posterior del ácido húmico por adición de un ácido mineral ( $H_2SO_4$ ) quedando en disolución el ácido fúlvico (López y López 1990), para posteriormente ser valoradas por titulación con permanganato de potasio, aproximadamente 1N. Describiendo este método en el apéndice, anexo 1. al final del presente.

#### PREPARACION DE MACETAS.

Se presentaron las macetas en recipientes de plástico con una mezcla de composta y suelo. De tal manera de aumentar el contenido de M.O al 1% con composta de celulosa y basándose en el resultado y porcentaje de ácidos húmicos en esta composta conocer los gramos de ácidos húmicos aplicados y a partir de esta aplicar la misma cantidad de ácidos húmicos en todos los demás materiales.

Estas macetas con sus respectivas mezclas se dejan en incubación 3 días, con el fin de que los microorganismos sean activados, y se obtenga una mezcla mucho más homogénea; la humedad se mantuvo con riegos que se les aplicaron diariamente.

De acuerdo al porcentaje de ácidos húmicos y M.O expuesto en el cuadro 1. de cada material, y según cálculos teóricos se tienen los gramos de composta, estiércol, biodegradado líquido y comercial para cada maceta y su equivalencia en kg/ha. Además del incremento de M.O de cada uno de ellos hacia el suelo. Presentándose en el cuadro 3. Y que conforme a lo anterior se presenta en el apéndice, anexo 2 la forma en que se obtuvieron los valores o cantidades calculadas de material utilizado para cada recipiente.

CUADRO 3. Cantidad en gramos de los materiales utilizados/maceta, y su equivalencia en kg/ha. Y el incremento de M.O. al suelo al inicio del experimento U.A.A.A.N, 1998.

TRATAMIENTOS	GRAMOS DE MATERIAL POR MACETA	EQUIVALENCIA EN Kg POR Ha.	INCREMENTO DE M.O EN PORCIENTO
A.- Bagazo de caña	20.8	79,040	0.83
B.- Lirio acuático	15.5	58,900	0.54
C.- Residuo de cocino	18.0	68,400	0.59
D.- Celulosa	33.3	126,540	0.99
E.- Aserrín	30.3	115,140	0.94
F.- Paja de trigo	18.0	68,400	0.61
G.- Estiércol	83.25	316,350	4.8
H.- Biodegradado líquido	323.01	1,227,438	0.2
I.- Comercial (humiplex STD)	1.1	4,180	0.059
J.- Comercial de acuerdo a las recomendaciones del fabricante	0.021	80.180	0.00113
K.- Suelo (testigo)	1000		

#### SIEMBRA.

La siembra se realizó totalmente al azar para que las semillas quedaran proporcionalmente dispersas y así no llegar a una sobre población de plántulas, se contaron la cantidad de semillas necesarias para cada una de las unidades del experimento, colocándose 15 semillas en cada unidad. Posteriormente estas macetas fueron trasladadas a ún invernadero de la U.A.A.A.N.

#### DISEÑO EXPERIMENTAL.

COMPLETAMENTE AL AZAR.



Este diseño es el más simple de todos, en el se asignan al azar los tratamientos a un grupo de unidades experimentales previamente determinadas. En este diseño todas las variables excepto las que están en estudio, se mantienen constante. Sin embargo, R.A. Fisher, claramente señala que este tipo de diseño es inadecuado para muchos problemas de investigación, en virtud de que las leyes naturales (biológicas) de hecho son controladas e influenciadas por diferentes causas (variables).

En general, este diseño no es el más adecuado para experimentación de campo con plantas o animales mayores pero es el más funcional para la evaluación de ciertos tipos de tratamientos, en laboratorio e invernadero o bien cuando dichos tratamientos son aplicados a unidades experimentales homogéneas.

El diseño completamente al azar proporciona el máximo número de grados de libertad para la estimación del error experimental, además de que no requiere estimar datos faltantes, es decir, el diseño puede analizarse con diferente número de repeticiones por tratamiento.

Por lo que en esta investigación se manejaron 11 tratamientos y 4 repeticiones, los tratamientos a evaluar fueron las seis compostas, estiércol, suelo, producto comercial de acuerdo a lo calculado, el recomendado por el fabricante (Humiplex STD), y el biodegradado líquido.

#### MODELO ESTADISTICO.

El modelo estadístico utilizado es este experimento se ajusta a la fórmula siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$  tratamientos

$j = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$  repeticiones

## **PARAMETROS A EVALUAR**

### **GERMINACION.**

Para este parámetro, se realizó un conteo de las plántulas que iban germinando dentro de cada tratamiento y de cada repeticion, obteniendose así una media de cada uno de ellos. Esto se realizó a los 8, 11, 17, y 21 día después de la siembra.

### **ALTURA DE LA PLANTA (cm).**

Se realizó una sola medición al término del ciclo del cultivo, midiendo 3 plantas que representaban una altura máxima, media y chica, desde la base del tallo hasta el brote mas reciente obteniendose una media de cada una de ellas.

### **PESO FRESCO (gr).**

Este se obtuvo de cada una de las diferentes repeticiones, eliminando la raíz , se pesaron y se obtuvo un peso promedio.

### **PESO SECO (gr).**

Esto sé hizo con la finalidad de determinar la materia seca de las muestras recolectadas en todas las repeticiones, las muestras fuerón secadas en una estufa por un tiempo de 72 hrs. con una temperatura de 65° C.

### **MEDICION DEL SUELO.**

Se realizaron dos estudios del suelo, uno antes de realizar las mezclas de composta – suelo y la otra al finalizar la investigación, llevándose a cabo en el laboratorio, con el fin de determinar el porcentaje de la M.O y de ácidos húmicos y fúlvicos que se incrementaron al finalizar el experimento.

## **LABORES DEL CULTIVO**

### **RIEGOS.**

Los riegos fueron frecuentes pero muy ligeros ya que en el invernadero donde se encontraban no cuenta con un control de la temperatura; en este invernadero su estructura es de cristales y al no contar con ventiladores enfriadores se tuvieron que hacer los riegos frecuentes o bien diariamente.

### **CONTROL DE MALEZAS.**

Debido a las características de la investigación el control de malezas se realizó de manera manual ya que no se obtuvo dificultad para quitarla de las macetas.

### **PLAGAS.**

El control de estas tienen poca importancia ya que no son muy frecuentes en el cultivo del cilantro y aunque en caso de presentarse algunas como chicharrita (Empoasa spp), mosquita blanca (Trialeurodes), diabrotica, chinches etc., se puede utilizar Lucatión 1 lt/ha. (Morales 1987); en este caso no hubo necesidad de realizar esta operación ya que se aprovechó el control realizado a nivel de invernadero para otros cultivos instalados en el mismo.

### **ENFERMEDADES.**

Al igual que las plagas, las enfermedades no son muy comunes en este cultivo, por lo que se recomienda tratar la semilla con Captán (ingrediente activo: CIS (triclorometil) tio 4 ciclohexen – 1,2, dicarboximida) (Yañez, 1988).\*

#### COSECHA.

Se realizó un solo corte con tijeras caseras al ras del suelo a los de 2 meses y medio después de la siembra, posteriormente se hicieron los manojos para obtener su peso fresco, y finalmente se meten a la estufa para determinar su peso seco.

\* Comunicación personal del M, sc. Jesús N. Yañez Reyes. director de FAGRO. S. A.

## RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de ácidos húmicos y fúlvicos extraídos de los diferentes materiales utilizados, ya que uno de los objetivos del presente trabajo es seleccionar a la de más alto contenido de ácidos húmicos, infiriéndose que estos tendrán una mejor influencia en el crecimiento del cilantro.

CUADRO 4. Porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos de los materiales utilizado.

MATERIALES	% DE ACIDO HUMICO	% DE ACIDO

		FULVICO
1.- BAGAZO DE CAÑA	3.2	0.8
2.- LIRIO ACUATICO	4.3	1.1
3.- RESIDUO DE COCINA	3.7	1.2
4.- CELULOSA	2.0	0.7
5.- ASERRIN	2.2	0.8
6.- PAJA DE TRIGO	3.7	0.8
7.- ESTIERCOL	0.8	0.2
8.- LIQUIDO	0.2	0.1
9.- HUMIPLEX STD	4.5	0.2
10.- SUELO	1.2	0.9

De acuerdo a la metodología de extracción se tiene que el material que más sobresalió en porcentaje de ácido húmico fue el material 9 (comercial humiplex STD) y el 2 (lirio acuático), seguido por los materiales 3 (residuos de cocina) y 6 (paja de trigo), con un porcentaje igual de ácido húmico, posteriormente el 1 (bagazo de caña), además de los materiales 5 (aserrín), y 4 (celulosa).

También se tiene que el material 10 (suelo que se utiliza como testigo tanto en la extracción inicial como en el experimento), supera al material 7 (estiércol) en porcentaje de ácido húmico, y quedando como el material con más bajo porcentaje el 8 (biodegradado líquido). Ilustrándose en la figura 2.

Se hace la observación, que los resultados de los materiales extractados son presentados con un número, por que del material 9 (comercial húmiplex STD) se deriva otro tratamiento; por lo que, más adelante los resultados de los parámetros evaluados en el experimento se presentarán con una letra.

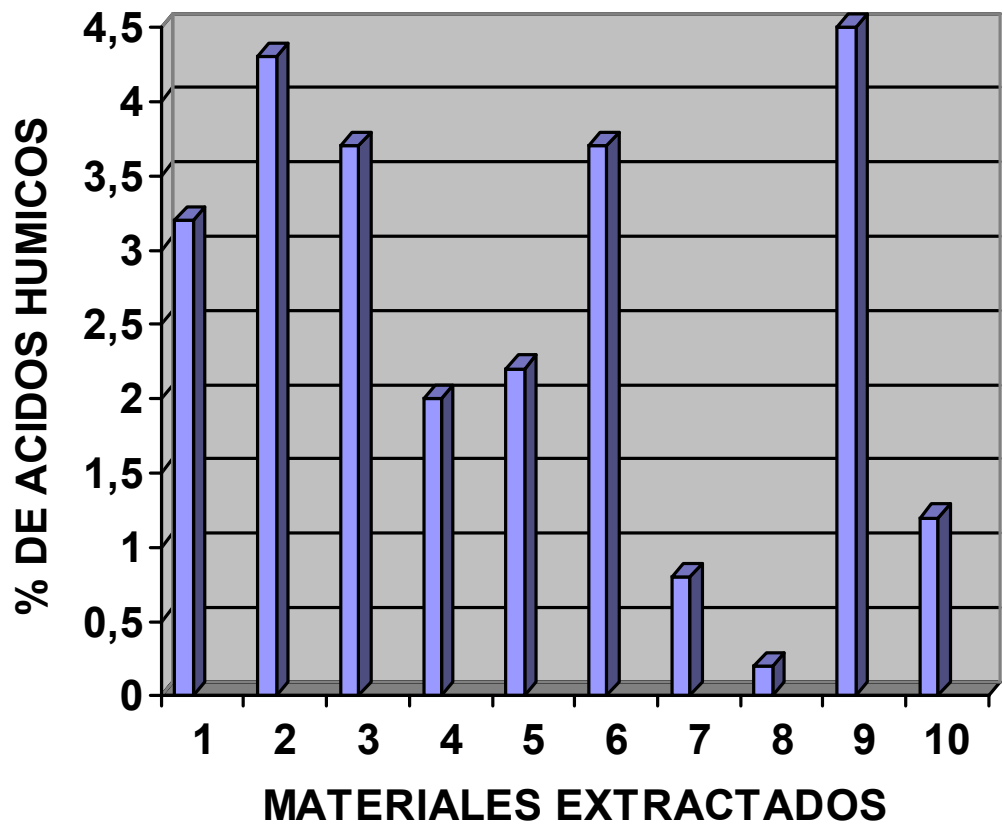
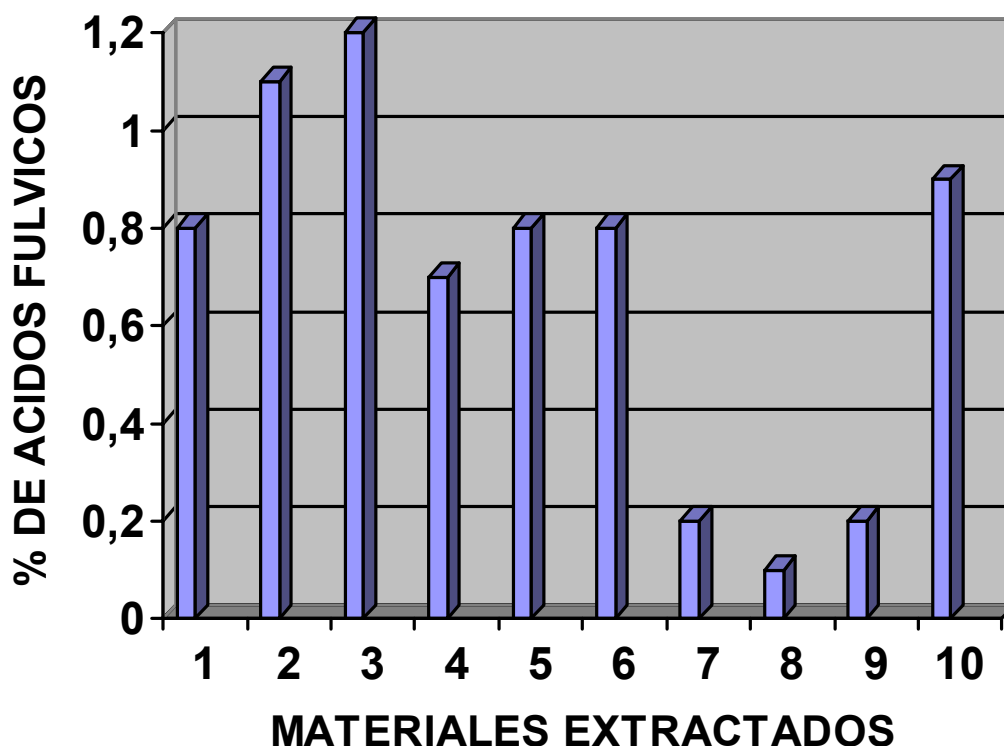


Figura 2. Comparación del porcentaje de los ácidos húmicos de los diferentes materiales utilizados. U.A.A.N, 1998.

- 1.- Bagazo de caña
- 2.- Lirio acuático
- 3.- Residuo de cocina
- 4.- Celulosa
- 5.- Aserrín
- 6.- Paja de trigo
- 7.- Estiércol
- 8.- Biodegradado líquido
- 9.- Comercial humiplex (STD)
- 10.- Suelo (Testigo)

Por medio del método de extracción propuesto por López y López (1990) y presentado en el apéndice, anexo 1. es obtenido el ácido fúlvico al igual que el húmico; presentándose así menos porcentaje en la mayor parte de los materiales, en este punto se obtuvo que el material compostado 3 (residuos de cocina) fue el que más resaltó, seguido del 2 (lirio acuático), y posteriormente por el material 10 (suelo como testigo en la extracción inicial y en los tratamientos del experimento); éste último material extractado supera a los tratamientos



**restantes en sus porcentaje de ácidos fúlvicos. El material que más bajo se encuentra en porcentaje de ácidos fúlvicos es el 8 (biodegradado líquido), que es superado por los materiales que son superados por el material 10 (suelo como testigo al inicio de la extracción y en los tratamientos del experimento), representados en la figura 3.**

**Figura 3. Comparación del porcentaje de ácidos fúlvicos de los diferentes materiales utilizados. U.A.A.N, 1998.**

#### PARAMETROS EVALUADOS DEL CULTIVO

Uno de los objetivos de la presente investigación fue evaluar la calidad de los sustratos mediante su influencia en el crecimiento del cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum L.*). Dentro de esta evaluación se tomaron en cuenta algunas mediciones como la germinación, altura de la planta, peso fresco y peso seco en todos los tratamientos y repeticiones.

Ahora sí, los resultados de los diferentes parámetros arriba mencionados obtenidos por cada tratamiento se representarán con una letra, por ser ya los tratamientos definidos en la investigación

#### GERMINACION.

En la germinación tenemos una media de 4 datos que fueron tomados en diferentes fechas, que se mencionaron en materiales y métodos; este parámetro evaluado se encuentra representado en el cuadro 5.



CUADRO 5. Comparación de medias de 4 datos de germinación a los 8, 11, 17, y 21 días después de la siembra. U.A.A.N, 1998.

PLANTAS GERMINADAS				
TRATAMIENTOS	8 DIAS	11 DIAS	17 DIAS	21 DIA
A	4	10	10	12
B	4	9	12	13
C	2	7	10	10
D	2	7	12	12
E	3	12	12	12
F	5	11	8	8
G	2	10	12	13
H	7	13	13	13
I	9	14	12	13
J	5	12	12	12
K	4	12	13	13

Dentro de los tratamientos de la presente investigación presentados en el cuadro 5, los materiales que tuvieron más influencia en la germinación a los 8 días después de la siembra fueron el I (comercial humiplex STD calculado), siguiendo por el H (biodegradado líquido), J (comercial humiplex STD de acuerdo a las recomendaciones del fabricante) así mismo se continúa con los tratamiento F (paja de trigo), A (bagazo de caña), el K (suelo como testigo), con igual número de plantas germinadas. Los tratamientos restantes obtuvieron una germinación mucho más baja que éstos.

A los 11 días después de la siembra el tratamiento que más sobresale en germinación es el mismo comercial que a los 8 días, seguido por el H (biodegradado líquido), continuando con los tratamientos E (aserrín), J (comercial de acuerdo a las recomendaciones del fabricante), además de K (suelo como testigo), con igual número de plantas germinadas y que superan a los tratamientos restantes por una diferencia muy pequeña.

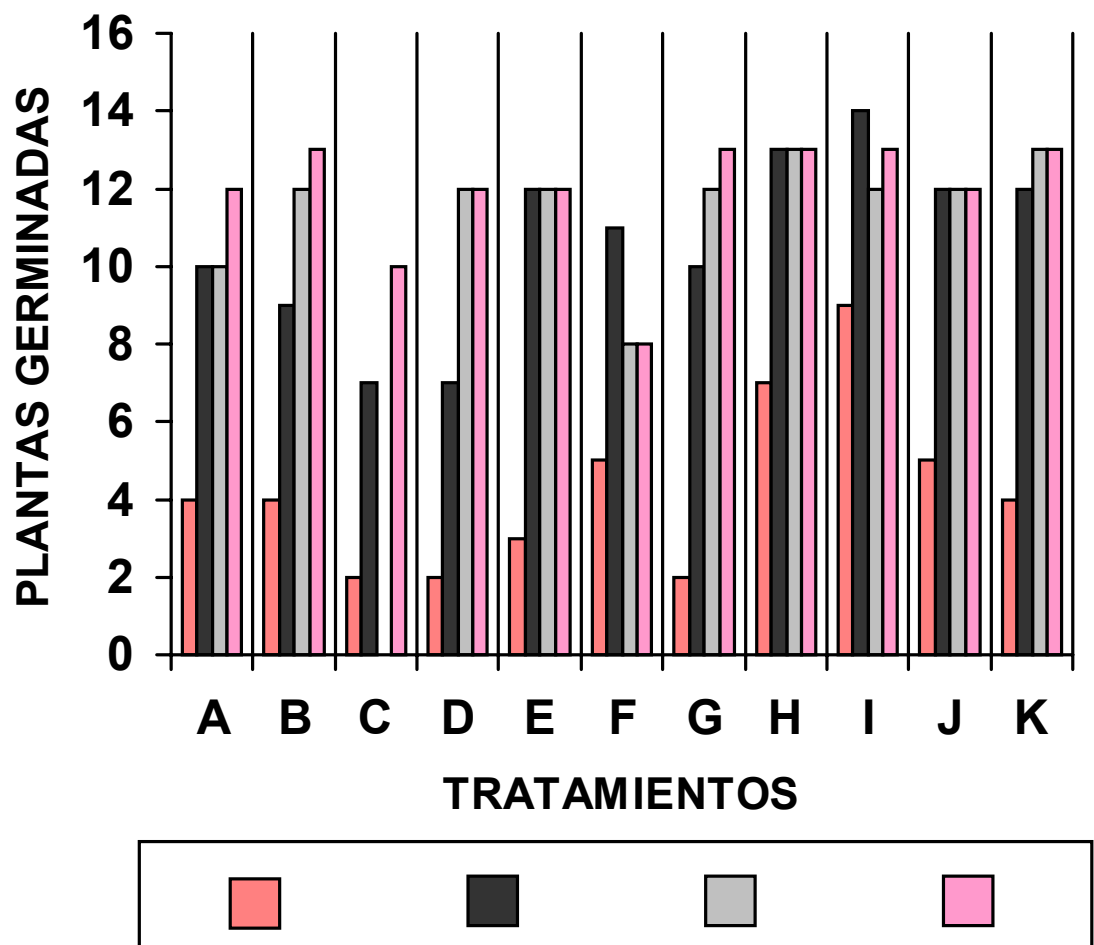
Continuando con el conteo de germinación, a los 17 días las que más resaltan en número de plantas germinadas es el H (biodegradado líquido), seguido por el tratamiento K (suelo como testigo), con un número igual de plantas germinadas superando muy ligeramente a los demás tratamientos.

Se puede observar tanto en el cuadro 5 como en la figura 6 que en las germinaciones de los 8 días después de la siembra, con relación a las de los 11 días, existe un incremento lógico de germinaciones. Pero si se compara en las de los 11 días con las de los 17 días se observan que existen tratamientos con menor número de plantas germinadas que a los 11 días que viene siendo algo ilógico.

El motivo por el cual existió el problema antes expuesto es que en el rango de los 11 y 17 días después de la siembra, una inesperada lluvia eliminó algunas de las plantas ya germinadas e incluso semillas por germinar. Esta lluvia entró al invernadero por la parte del techo ya que tenía vidrios rotos la cual permitían la penetración del agua en forma de gotas.

**Pero basándose a lo que dice (Tamaro 1987; Pérez 1936; Leñado 1973) que la semilla germina entre los 10 – 21 días después de la siembra y que la temperatura optima para su germinación es de 15° C. Se realizó otro conteo de plantas germinadas a los 21 día después de siembra, obteniéndose así las definitivas. Además de estos se puede observar que existe un incremento mejor de plantas germinadas que los anteriores días; por lo que se toman como parámetro evaluado a las de los 21 día.**

En este último conteo se destaca el tratamiento G (estiércol fermentado durante 30 días), seguido por el B (lirio acuático), H (biodegradado líquido) Y el K (suelo como testigo) que supera muy ligeramente a los tratamientos restantes; siendo el de más baja germinación el tratamiento “F” (composta de paja de trigo). Haciendo la observación de que éste último fue uno de los tratamientos afectados por la lluvia penetrada



sobre el techo del invernadero.

Figura 4. Representación gráfica de las plantas germinadas en las diferentes fechas. U.A.A.A.N, 1998.

## ALTURA DE PLANTA

**Como se mencionó anteriormente la altura de la planta fue un parámetro a evaluar en esta investigación. En el cuadro 6, figura 5. se encuentran concentradas las alturas medias de las plantas de los diferentes tratamientos.**

CUADRO 6. Altura de plantas tomadas al final del experimento. U.A.A.A.N, 1998.

TRATAMIENTOS	ALTURA EN (cm)
A	17.87 b
B	15.95 bcd
C	16.30 bcd
D	17.03 bc
E	14.50 bcde
F	17.05 bc
G	22.10 a
H	13.20 de
I	14.18 de
J	12.13 e
K	12.23 e

- Los tratamientos con letras iguales no son diferentes estadísticamente.

Como se puede observar, el mejor tratamiento fue el G (estiércol fermentado durante 30 días) con un promedio de 22.10 cm de altura, seguido por los tratamientos A (bagazo de caña), B (lirio acuático), C (residuo de cocina), D (celulosa), E (aserrín), F (paja de trigo), los cuales desde el punto de vista estadístico son iguales, sin embargo presentan valores que van desde 14.50 a 17.87 cm de altura.

Estadísticamente hablando se observa también que los tratamientos antes mencionados presentados con una letra (d), son prácticamente los mismos que se presentan con una letra (c) que presentan valores que van de 14.50 a 17.05 cm de altura, con excepción del tratamiento A (bagazo de caña) el cual se dice que éste es mejor que los restantes y que es el segundo tratamiento que mejor resultado presentó después del G (estiércol fermentado).

Posteriormente se tienen los tratamientos B (lirio acuático), C (residuo de cocina), E (aserrín), H (biodegradado líquido). I (comercial humiplex STD calculado) con valores obtenidos de 13.20 a 15.95 cm de altura. Finalmente los tratamientos con valores más bajos y estadísticamente iguales son el J (comercial humiplex STD de acuerdo a las recomendaciones del fabricante), K (suelo como testigo en el experimento) que van de 12.13 a 12.23 cm de altura; lo cual pudieran considerarse como normal ya que se trata de tratamientos en los cuales prácticamente no se les aplicó materia orgánica aunque sí la misma cantidad de ácido húmico. Datos que pueden ser observados en el cuadro 3.

Así también en el apéndice, anexo 3 puede ser observado el cuadro de datos y repeticiones de cada tratamiento, con su respectivo análisis de varianza.

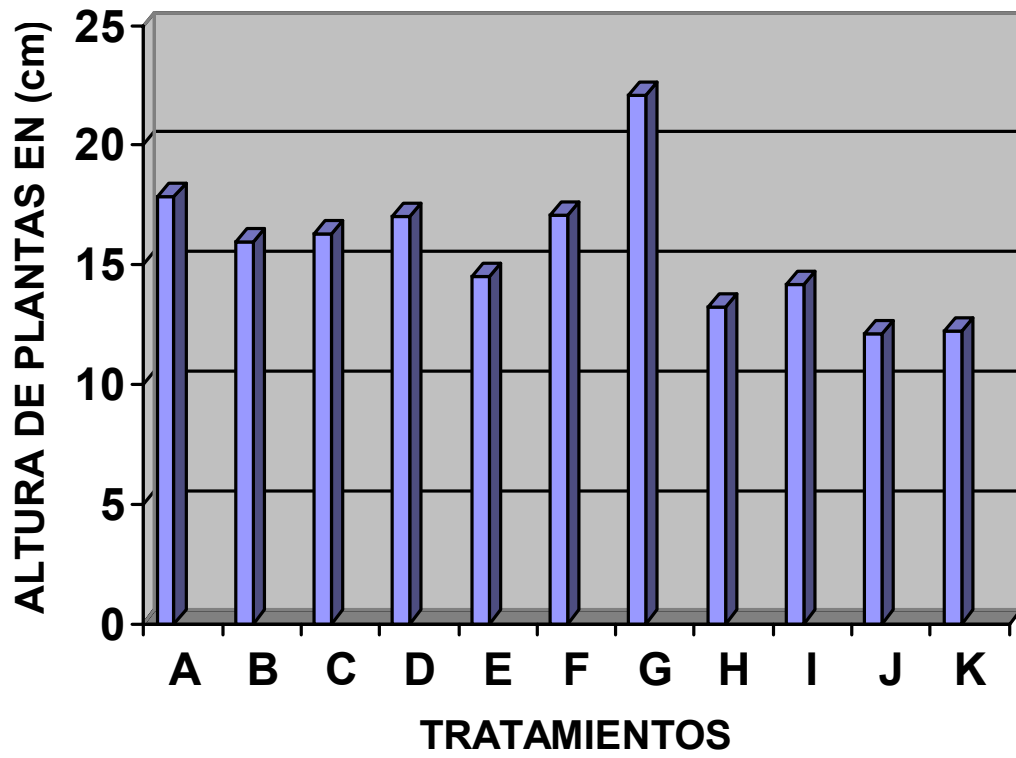


Figura 5. Representación gráfica de la altura de las plantas, medidas al final del experimento. U.A.A.A.N, 1998.

PESO FRESCO.

En el cuadro 7, figura 6. Se encuentran los resultados promedios obtenidos del peso fresco de este parámetro para cada uno de los diferentes tratamientos, aportándose la observación de que el peso fresco es importante por el mercado.

CUADRO 7. Valores obtenidos del peso fresco de todos los tratamientos. U.A.A.A.N, 1998.

TRATAMIENTOS	GRAMOS/MACETA
A	23.53 b
B	23.05 b
C	21.55 b
D	22.55 b
E	16.83 cd
F	16.35 d
G	58.98 a
H	17.33 cd
I	20.40 bc
J	15.55 d
K	15.78 d

- **Los tratamientos con letras iguales no son diferentes estadísticamente.**

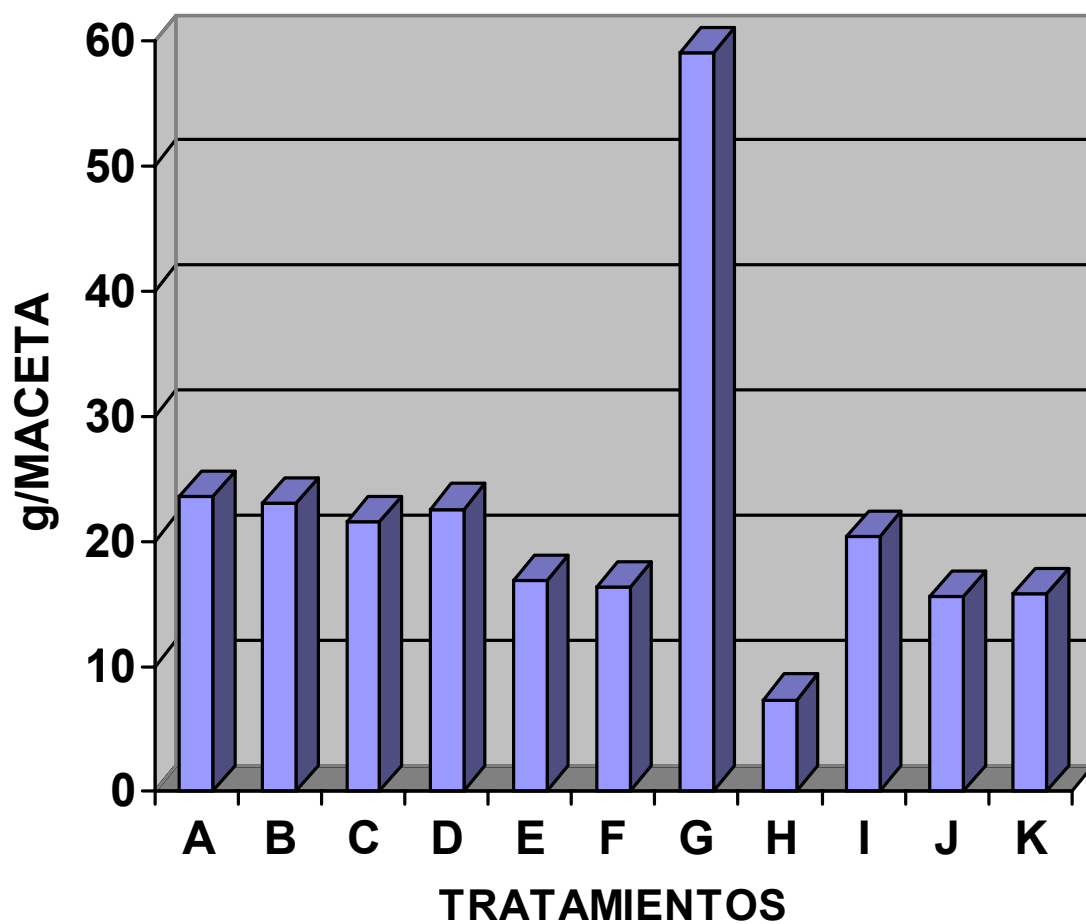
**Como se mencionó anteriormente, el peso fresco en el cultivo del cilantro es de suma importancia por ser uno de los detalles a considerar para que éste salga al mercado. De los tratamientos de esta investigación el que mejor resultado presentó es el G (estiércol fermentado durante 30 días) con un peso fresco promedio de 58.98 gramos; el cual de acuerdo a lo observado en el caso de altura de plantas y comparando con este de peso fresco también es el G el tratamiento que significativamente es diferente a todos los demás; seguido por el A (bagazo de caña), B (Lirio acuático), C (residuo de**

**cocina), D (celulosa), I (comercial humiplex STD calculado), que estadísticamente son iguales presentando valores que van desde 20.40 a 23.53 gramos de peso fresco.**

Los tratamientos E (aserrín), H (biodegradado líquido), son los tratamientos que se encuentran en tercer termino estadísticamente hablando ya que presentan valores de 16.83 a 20.40 gramos de peso fresco.

Por último se tienen los tratamientos que en el análisis estadístico se presentaron con valores de 15.55 a 16.35 gramos de peso fresco y que además puede ser observado en el cuadro 7. que fueron los que más bajos resultados presentaron; refiriéndonos a los tratamientos F (paja de trigo), J (comercial humiplex STD de acuerdo a las recomendaciones del fabricante), y por último tenemos al K (suelo como testigo). Prácticamente estos tratamientos son los mismos que presentaron resultados bajos en altura de plantas, con excepción del tratamiento F (paja de trigo), que hay que recordar que este último fue uno de los tratamientos que fue afectado por el agua de lluvia penetrada en el invernadero, y que a pesar de ello tuvo buen resultado en altura; pero las consecuencias se presentaron en este parámetro evaluado de peso fresco.





*Figura 6. Representación gráfica del peso fresco de cada tratamiento. U.A.A.A.1998.*

PESO SECO.

Al igual que el peso fresco, el peso seco fue tomado como parámetro de evaluación para cada uno de los tratamientos presentándose los valores obtenidos para cada uno de ellos en el cuadro 8.

CUADRO 8. valores obtenidos del peso seco en gramos. U.A.A.A.N, 1998.

TRATAMIENTOS	GRAMOS/MACETA
A	3.45 b
B	3.33 b
C	3.03 bcd
D	3.35 b
E	2.53 cde
F	2.30 e
G	8.05 a
H	2.48 de
I	3.10 bc
J	2.38 e
K	2.38 e

\* Los tratamientos con letras iguales no son diferentes estadísticamente

En este parámetro se tiene también que el mismo tratamiento G (estiércol fermentado durante 30 días) fue el que mejor resultado presentó con un peso promedio de 8.05 gramos de peso seco. Quedando como tratamientos de segundo término de acuerdo a los análisis estadísticos al A (bagazo de caña), B (lirio acuático), C (residuo de cocina), D (celulosa), I (comercial humiplex STD calculado), que presentan valores que van desde 3.03 hasta valores de 3.45 gramos de peso seco.

Los tratamientos siguientes tienen un peso más bajo que los anteriores, el E (aserrín), H (biodegradado líquido) que presenta un peso de

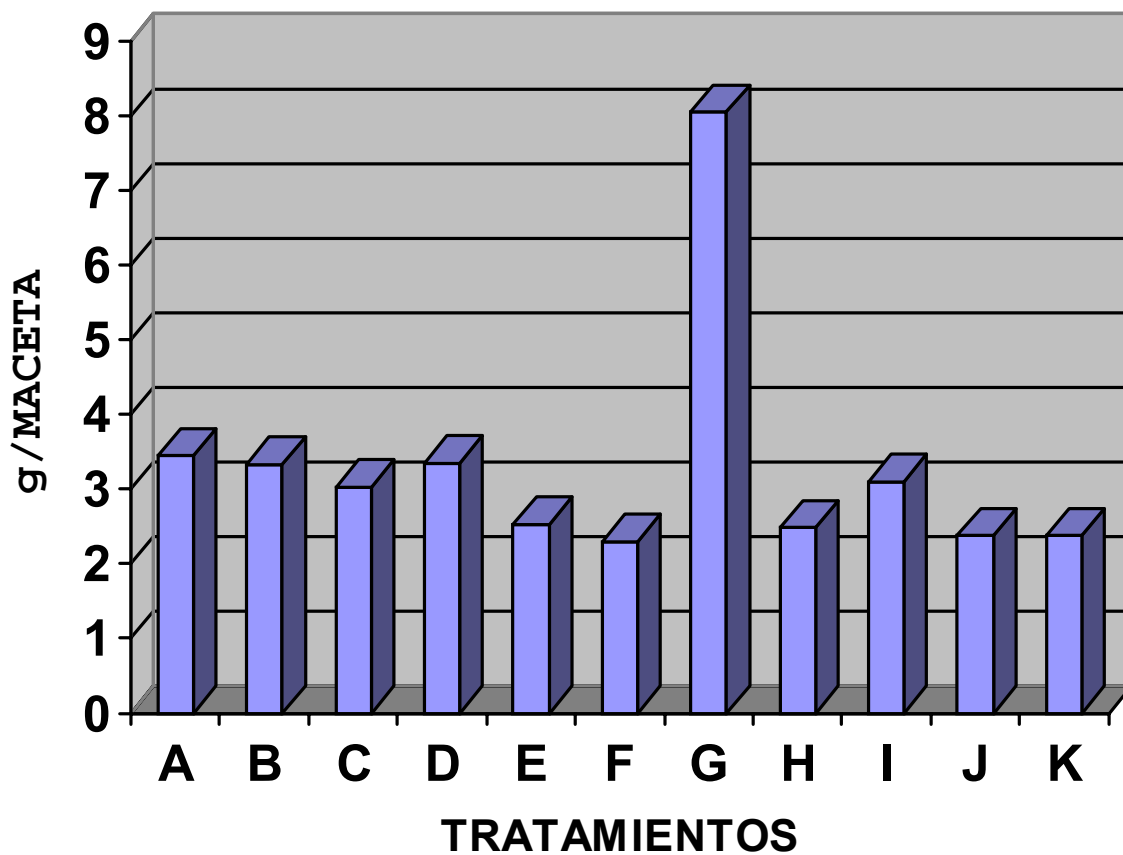
2.48 a 2.53 gramos de peso seco; y que estadísticamente se observa que son iguales con los tratamientos C y E anteriormente mencionados.

Por último se tienen los tratamientos representados con una letra (e) como los más bajos en resultados de peso seco, entre estos se encuentran algunos ya mencionados, como el E (aserrín), H (biodegradado líquido), además del F (paja de trigo), J (comercial humiplex STD de acuerdo a las recomendaciones del fabricante), y el K (suelo como testigo) que presentan resultados de 2.30 a 2.53.

Nuevamente el tratamiento F (paja de trigo) se encuentra en los más bajos en peso, por las consecuencias del agua penetrada en el invernadero.

Hay que recordar que dentro del análisis estadístico se presentan algunos tratamientos con letras iguales que indican que estos son significativamente iguales, motivo por el cual se repiten muchos de los tratamientos, pudiéndose observar en los datos presentados en los cuadros 6, 7 y 8 de los respectivos parámetros evaluados.

En el apéndice, anexo 5. Se presenta el cuadro de datos y repeticiones de cada tratamiento y su respectivo análisis de varianza



*Figura 7. representación gráfica del peso seco de cada tratamiento. U.A.A.A.N, 1998.*

## DETERMINACION FINAL DEL PORCIENTO DE M.O, ACIDOS HUMICOS Y FULVICOS.

En general podemos observar que hubo un incremento de materia orgánica y que en algunos casos el resultado es mayor que el calculado teóricamente, como el caso del tratamiento D, E, y F que corresponden a la celulosa, aserrín y paja de trigo respectivamente. En algunos casos el incremento es menor pero estan de acuerdo a lo aplicado con cada uno de los materiales a excepción del tratamiento G en el cual se aplicaron 83.25 gramos de estiércol lo cual representa aproximadamente 2 veces más del contenido de materia orgánica del suelo, lo cual no se refleja en el resultado obtenido en este parámetro al final del experimento, este pudiera ser debido a que el estiércol incorporado no se mezcla lo suficiente con el material mineral (no tubo un proceso de humificación completa) y por lo tanto no fue detectado por el método utilizado como era de esperarse.

En el caso de ácidos húmicos y fúlvicos se puede observar en el cuadro 9 que en general el contenido de ácidos húmicos y fúlvicos aumenta desde 0.2 a 0.4 unidades en porciento y 0.1 a 0.6 unidades en porciento respectivamente, es necesario recordar que se aplicaron 0.666 gramos de ácido húmicos de cada uno de los materiales por maceta de un kilogramo, lo que representa aproximadamente un 5% de aumento en base al 1.2% del contenido de ácido húmico encontrado en el suelo. En este caso también se puede mencionar que el método utilizado para el fraccionamiento de la M.O y extracción de ácidos húmicos y fúlvicos no ha sido comparado con algun estándar y es utilizado por primera vez en esta investigación

CUADRO 9. Determinaciones finales de cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	% DE M.O	% DE ACIDOS HUMICOS	% DE ACIDOS FULVICOS

A	4.6	1.2	1.1
B	4.6	1.0	1.2
C	4.5	0.9	1.2
D	5.1	1.2	1.2
E	5.1	1.6	1.1
F	5.1	1.4	1.2
G	4.9	1.4	1.5
H	4.6	1.2	1.4
I	4.8	1.5	1.0
J	4.7	1.4	1.0
K	4.8	1.4	1.0
T	3.8	1.2	0.9

---

## *CONCLUSIONES*

Dentro de la presente investigación se realizaron algunas observaciones como la altura de planta, peso fresco y seco, considerados como parámetros evaluados en la aplicación de ácidos húmicos extractados

de diferentes materiales orgánicos; ya que uno de los objetivos es la caracterización de los materiales orgánicos utilizados de acuerdo a sus concentraciones de ácidos húmicos.

De acuerdo a lo observado a lo largo del experimento y en base a los parámetros evaluado, podemos concluir lo siguiente.

1.- En lo que respecta a la evaluación de estos materiales cuyos ácidos húmicos fueron extractados por medio del método de laboratorio y sometidos a la producción del cilantro en donde se toman como base los parámetros antes mencionados, se obtuvo que el material en el cual se presentó mejor resultado fue el estiércol fermentado (anaeróbicamente) durante 30 días.

Ahora comparando el porcentaje de ácidos húmicos de los materiales que se encuentran en el cuadro 4, se tiene que el estiércol no es más alto en porcentaje de ácidos húmicos que los otros materiales. Pudieramos decir que desde el punto de vista nuestra hipótesis si se cumple.

Así mismo el material compostado con más alto contenido de ácidos húmicos fue el lirio acuático con un 4.3%, seguido por el de residuo de cocina y paja de trigo con igual porcentaje, ambos con un 3.7% de ácido húmico, pero comparando a todos los materiales en forma general resultó ser el comercial (humiplex STD) el más alto en contenido de ácidos húmicos.

2.- En el peso fresco los materiales con mejores resultados son el estiércol fermentado(anaeróbicamente) durante 30 días, bagazo de caña, lirio acuático, celulosa, residuo de cocina, y el comercial (humiplex STD calculado) para aplicar la misma cantidad de ácidos húmicos al igual que los restantes. Este material comercial presentó este resultado por el alto contenido de ácidos húmicos y en relación con los materiales compostados estos tienen un mejor efecto por su contenido de materia orgánica, además

el comercial supera a los materiales compostados con aserrín y paja de trigo ya que estos tienen un porcentaje menor que los restantes compostados y por lo tanto del comercial.

3.- Tomando como base los resultados obtenidos en los parámetros evaluados por efecto del comercial (humiplex STD) de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la comparación con los resultados del comercial (humiplex) calculado. Se tiene que el comercial calculado teóricamente es el que mejor resultado presentó; esto debiéndose a que se aplicó la misma cantidad de ácidos húmicos que se aplicaron con los materiales orgánicos compostificados, además la dosis que se recomienda es de 4,180 kg/ha de acuerdo a lo calculado, y con respecto a lo que recomienda el fabricante es de 80.180 kg/ha lo que resulta una dosis muy baja para que se presente un resultado como el que presentó el comercial calculado teóricamente.

**4.- Dentro del experimento se evaluó también el peso seco, en donde se obtuvo que los materiales como el estiércol fermentado (anaeróticamente) durante 30 días, bagazo de caña, celulosa, lirio acuático, comercial (humiplex STD) calculado y el residuo de cocina fueron los que mejor resultados presentaron. Hay que considerar que en los tres parámetros evaluados son los mismos materiales los que destacan en resultados, nadamás que en diferente orden, y considerando el segundo objetivo que trata de la evaluación de la calidad de los sustratos en base al crecimiento del cultivo de cilantro y su contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, se concluye que estos materiales mencionados anteriormente son los que cumplen la hipótesis y los objetivos planteados al inicio del experimento; además de que los materiales restantes se encuentran con resultados por debajo de los anteriores.**

5.- Al hacer una comparación del resultado que presentó la mejor composta en porcentaje de ácidos húmicos (lirio acuático), con respecto a los resultados del porcentaje de ácidos húmicos del biodegradado líquido y el



estiércol fermentado. Se hace la observación de que el estiércol fermentado es muy bajo en su porcentaje de ácidos húmicos al igual que el biodegradado líquido, pero sí muy rico en M.O y nutrientes incorporados al suelo y demasiada la cantidad de materia a aplicar por maceta para poder llegar a aplicar los 666 mg de ácidos húmicos que fueron calculados teóricamente; razón por la cual este material presenta estos resultados tan elevados, y por lo que no existe un comportamiento igual al de la composta de mejor porcentaje de ácidos húmicos, ya que los materiales orgánicos compostados en general presentaron un resultado casi homogéneo.

6.- En el caso de algunos materiales utilizados como el lirio acuático y celulosa y que presentaron buenos resultados, se recomienda que a estos se les realice un análisis químicos para poder detectar posibles elementos tóxicos (materiales pesados como el plomo, cadmio, mercurio, arsénico y otros), ya que estos provienen de lugares en los que se encuentran ciertas contaminaciones.

7.- A pesar del origen de estos materiales, se obtuvo en ellos una buena germinación y desarrollo de la planta, sin embargo se recomienda no ser utilizado como sustrato para producción de hortalizas hasta no eliminar lo de la conclusión anterior, pero sí puede ser utilizado para germinación y propagación de otros tipos de plantas, pero que además para producir una buena calidad de cilantro no basta considerar el sustrato extractado para lograrlo, si no que es necesario tomar en cuenta también los factores del medio ambiente dentro y fuera del invernadero.

#### BIBLIOGRAFIA

- Abencerraje, R.F. y Garza Curcho M., 1986. Respuesta del Frijol (Phaseolus vulgaris L.) al fertilizante líquido biodegradado anaeróbicamente del estiércol de bovino. Revista Científica Agraria UAAAN Vol. 12 No. 1, Enero – Junio 1986.
- Alexander, M. (1980). Introducción a la Microbiología del Suelo. AGT Editor S.A. México.
- Allison, P.E. 1967. Soil Aggregation Somefacts and fallacies as seen by a microbiologist. Soil Sci. 106 (2): 136 – 146.

- Ansorena, M.J. (1994). Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi – Prensa España.
- Augenstein, D.C. 1976. Packed bed digestion of municipal solid waste. Resource recovery and conservation U.S.A.
- Arías, J., 1978. Digestión anaeróbica de desechos orgánicos; prioridad estratégica para el Co – Desarrollo Reunión Nacional Sobre Energía no Convencional.
- Baquedano M. M.A. Young, M, y Morales H.L., 1979. Los digestores en energía y Fertilizantes para el Desarrollo Rural. INERED. Xalapa, Ver. Mex.
- Baeyens. J. 1970. Nutrición de las Plantas de Cultivo. Fisiología aplicada a las plantas agrícolas. Trad. Mates Box. Editorial, Lemos, Madrid, España.
- Beedoukian, P.Z. 1967. Perfumay and flavouring syntesis. Edit. Elscvier. Publi shing Co. 233 P.
- Buckman, H.O., y Brady, N.C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simón , S.A., Barcelona España.
- Briz, I. J.M. 1991. Evaluación de Composta de Basuras Urbanas Sobre Características Específicas de Suelo y Planta. Tesis Maestria UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Cononova M.M. 1981. Materia Orgánica del Suelo, su Naturaleza, Propiedades y Métodos de Investigación. Oikos – Tav. Barcelona España. Pag. 365.
- Coronel A. 1996. Elaboración de Compostas de Residuos Agrícolas y Evaluación de la Calidad Sobre el Rendimiento del Cultivo del Cilantro (Coriandrum sativum L.) Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah
- Cruz, M.S. 1986. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- FAO. 1982. Manejo del Suelo producción y uso del Composte en Ambientes Tropicales y Subtropicales. Servicios y Recursos. Manejo y Conservación de Suelos. Folleto de Suelos No. 56. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas.
- Fernández, V.H. 1968. The action of humic acid of different sources on the development of plant and their effect on increasing concentration of the nutrient solution P. 805 – 806. In: Study week on organic matter and soil fertility North – Holland Publishing Co. Amsterdam.
- Fisher, R. A., Statistical methods for research workers, Oliver and Boyd, Ltd. Londres, 1925.
- Fuller, W., L. 1969 Soil Organic matter. Bulletin A. 40. The University of Arizona. Coop. Ext. Serv. Agric. Exp. Sta.

- Furcal, B.P.H. 1989. El cultivo del Cilantro Bajo Condiciones de Humedad, Estiércol Bovino y Fertilizantes Enraizador en Saltillo, Coah. Méx. Tesis de Maestría.UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.
- Garcia, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Segunda Edición. UNAM. México, D.F.
- Gómez, G.J., y Viniegra. G.G., 1979. The use of anaerobically digested cattle Slurry asa fertilizer for Vegetables. Tropical animal production No. 4.
- Guminisqui, S., Guminisca Z. and Sulej J. 1965. Effects of humate agar – agar and EDTA on the development of tomato seedlings in aireated an non aireated water cultures. In: Journal of Experimental Botany. vol (16): pp 151 – 152.
- Hedrich, U.P. 1972. Sturtevant's Edible plants of the world Edit. Dever Publications, Inc. New york. pp. 191 – 192.
- Jeavons, J. 1994. Cultivo biointensivo de alimentos, más alimentos en menos espacio. Ecology action of the mid – Peninsula Editor en Español. Impreso en U.S.A.
- Kononova, M.M. 1982 Materia Orgánica del Suelo. 1ª. Ed. Edit. OIKOS – Tnu, S.A. Barcelona, España
- Kuwatsuka, S.; K. Tsutsuki and K. Kumada. 1978. Chemical studies on soil humic acids I. Elementary composition of humic acids. Ibid. 24: 337 – 347.
- Leñado, F. (1973) Como se Cultivan las Hortalizas de Hoja Edit: Vecehi, Balmes, Barcelona, España.
- López, R. J. y López, M. J 1990. El Diagnóstico de Suelos y Plantas, (Métodos de Campo y Laboratorio). Ed. Mundi, España.
- Morales M.A. (1987). Respuesta sobre el Desarrollo y Producción de Follaje Fresco en Cilantro a programas de Riego, Fertilización Nitrogenada y Estiércol Bovino. Tesis de Licenciatura UAAAN en Saltillo, Coahuila México
- Muñoz, J. G. 1983 Usted, la tierra, los abonos y los frutos. Editorial Diana, Mex.
- Narro, F.E. 1994. Física de Suelos con Enfoque Agrícola. Editorial Trillas UAAAN 1ª. Edición México.
- Narro. A. E., Méndez G. 1982. Efectos de Mejoradores de Suelo y Dosis de Fertilización Fosfatada en el desarrollo del Cultivo de la Papa en un Suelo de pH alcalino. XV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México.
- O'Donnel, R.W. 1973 The auxin – Like effects of humic preparation from Leonardite. Soil Science. 116(2): 106 – 112.
- Omega Agroindustrial. 1989. Departamento de Investigación y Desarrollo. Saltillo, Coahuila. México. S.A. de C.V.

- Pérez, T.A. 1936. El Cultivo de las Plantas de Hortalizas. Editorial, Secretaría de Educación Pública, México.
- Pichardo, E.J., 1980. Obtención de energía mediante digestión de estiércol de vaca. Tesis profesional ENED – Cuautitlán, México.
- Rao, E.V.S.P. 1983. Munnu Singh Navayana M.R. Rao, R.S.G., Rao B.R.R. 1983. Fertilizar Estudios in Corianders.
- Rico. (1981). Estiércoles como Aportadores de Nitrógeno al Suelo. Tesis de Licenciatura UANL. Monterrey, NL., Méx.
- Rosenstein Ster. (1997). Diccionari de Especialidades Químicas. Editorial PLM, S.A. Ed. Séptima.
- Rodale, J.L. 1961. How to grow vegetables and fruits by the organic method. (Ed) Rodale press. USA. pp 876 – 877
- Ruíz, O. 1966 Tratado Elemental de Botánica Ed. ECLAC S.A. México.
- Schnitzer, M. and P.A. Poapst, 1967. Effects of a soil humic compound on root initiation nature.
- Selk, W., 1968. Los Abonos. Trad. De la 4ª. Edición Alemana por Gonther – León. Ed. Academia, León, España.
- Stereson, F.J. 1972, Rodale and funtion on humus in soil with emphasis on absorption of herbicides and chelation of micronutrientes, Biol. Science. Pag. 643, 650.
- Tamaro, D. 1987. Manual de Horticultura 4ª. Edición, Edit: Gustavo Gilis. Pag. 228, 426, 427
- Tamaro, D. 1951. Manual de Horticultura 4ª. Edición. Gustavo Gilis, S.A. Balmes. Barcelona.
- UAAAN, México, D.F. Población de especies Pecuarias y avícolas y su producción anual de estiércol en la comarca lagunera. CIAN – INIA – SARH, 1981.

# *A P E N D I C E*

## **ANEXO 1.**

### **METODO DE EXTRACCION**

Fraccionamiento de la materia organica del suelo

#### **CONCEPTOS GENERALES**

El conocimiento del nivel de materia orgánica existente en el suelo es de gran interés, pero es asimismo importante conocer cuál es el estado de dicha materia orgánica, sobre todo su grado de humificación. La relación C/N es un índice del grado de humificación, pero, si se quiere tener un conocimiento más completo, se debe recurrir a la extracción de las fracciones húmicas.

Entre los métodos existentes, el más comúnmente utilizado consiste en la extracción de la materia húmica, con NaOH en caliente, y precipitación posterior del ácido húmico por adición de un ácido mineral, quedando en disolución el ácido fúlvico.

#### **METODO**

##### **A.- Fundamento:**

- 1.- Extracción de la fracción húmica de la materia orgánica de un suelo con NaOH.
- 2.- Fraccionamiento de la materia húmica por precipitación con  $\text{SO}_4\text{H}_2$ .
- 3.- Valoración del ácido húmico y del ácido fúlvico

##### **B.- Material:**

- ◆ Una bureta de 50 ml
- ◆ Un baño de agua de 2 litros
- ◆ Una centrífuga
- ◆ Un embudo de placa filtrante de 4 cm de diámetro

- ◆ Un matraz aforado de 100 ml
- ◆ Un matraz aforado de 250 ml
- ◆ Tres matraces Erlenmeyer de 500 ml
- ◆ Dos matraces Erlenmeyer de 250 ml
- ◆ Una pipeta de 20 ml
- ◆ Una pipeta de 25 ml
- ◆ Una pinza metálica para crisoles
- ◆ Dos pinzas de bureta
- ◆ Una probeta de 100 ml
- ◆ Una probeta de 500 ml
- ◆ Una probeta de un litro
- ◆ Dos vasos de precipitados de 100 ml, de vidrio calentable
- ◆ Un vaso de precipitado de 250 ml
- ◆ Un vaso de precipitado de 800 ml
- ◆ Tres vidrios de reloj de 5 cm de diámetro
- ◆ Un pesasustancias
- ◆ Tubos de centrifuga de 50 ml
- ◆ Un soporte de 75 ml
- ◆ Un termómetro (0 – 100 °C).

C.- Productos:

- ◆ Hidróxido sódico
- ◆ Ácido sulfúrico concentrado
- ◆ Permanganato potásico
- ◆ Oxalato sódico
- ◆ Oxalato amónico
- ◆ Papel indicador de pH.

D.- Reactivos:

a).- *Solución de hidróxido sódico, aproximadamente 5 N:*

1.- En un vaso de 250 ml, de vidrio calentable, se pesan 20 g de hidróxido sódico, en lentejas, se añaden 60 ml de agua destilada, se agita con una varilla de vidrio para disolver el hidróxido y se deja enfriar.

2.- Se pasa la solución a un matraz aforado de 100 ml, se lava el vaso con dos porciones de 10 ml de agua destilada, se pasan los lavados al matraz aforado y se diluye la solución hasta el enrase con agua destilada.

b).- *Solución de hidróxido sódico, aproximadamente 0.5 N:*

*Con una pipeta, se toman 10 ml de la solución "a", se vierten en un matraz aforado de 100 ml y se diluye hasta el enrase con agua destilada.*

c).- *Solución de hidróxido sódico al 0.5 por 100:*

Con una pipeta se toman 25 ml de la solución "b", se vierten en un matraz aforado de 100 ml y se diluye hasta el enrase con agua destilada.

d).- *Solución de ácido sulfúrico, aproximadamente 7 N:*

*1.- En una probeta de 500 ml se vierten 400 ml de agua destilada y se pasa el líquido a un vaso, de vidrio calentable de 1 litro.*

2.- En una probeta de 100 ml, seca, se vierten 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.

3.- Lenta y cuidadosamente se añaden los 100 ml de ácido sulfúrico al vaso que contiene los 400 ml de agua destilada.

4.- Se deja enfriar la solución y, una vez fría. Se agita con una varilla de vidrio para conseguir una solución homogénea.

5.- Se deja enfriar durante unos minutos más y, cuando la solución está a temperatura ambiente, se guarda en un frasco de vidrio.

e).- *Solución de ácido sulfúrico (1:10):*



1.- *En un vaso de 250 ml se vierten 50 ml de agua destilada medidos con probeta.*

2.- Con una probeta se toman 50 ml de la solución de ácido sulfúrico, aproximadamente 7 N, se vierte en el vaso que contienen el agua destilada y se agita con una varilla de vidrio.

f).- *Solución valorada de permanganato potásico, aproximadamente 1 N:*

f.1).- Preparación

1.- En un pesasustancias, limpio, se pesan 3.3 g de  $\text{MnO}_4\text{K}$  y se pasan a un vaso de 250 ml que contenga 150 ml de agua destilada calentada a  $60^\circ\text{C}$ .

2.- *Se lava el pesasustancias con 5 porciones de unos 10 ml de agua destilada y se vierten los lavados en el vaso de 250 ml.*

3.- Se agita el líquido para disolver la sal, se pasa la solución a una probeta, bien limpia, de 1 litro y se diluye hasta dicho volumen con agua destilada.

4.- Se agita la solución con una varilla de vidrio de unos 50 cm de longitud y se pasa la solución a un frasco de un litro.

5.- Se deja reposar durante 3 días, para que se oxide toda la sustancia orgánica que pudiese impurificar el agua, el producto o el material de vidrio y para que sedimente totalmente el dióxido de manganeso formado en esta oxidación.

6.- Se filtra la solución, a través de un embudo de placa filtrante de vidrio, y se guarda en un frasco de color topacio con cierre esmerilado y con una cubierta para protegerlo del polvo.

f.2).- Valoración

1.- En un pesasustancias se coloca 1 g, aproximadamente, de oxalato sódico, se coloca la tapa del pesasustancias dejando una abertura para que

pueda evaporarse la humedad y se introduce el pesasustancias con el oxalato sódico en una estufa a 105 – 110 °C.

2.- Se seca el producto durante, por lo menos, dos horas a dicha temperatura.

3.- Se saca el pesasustancias de la estufa, tomándolo con unas pinzas metálicas, y se deja enfriar durante 30 minutos en un desecador.

4.- Se saca el pesasustancias del desecador y en cada uno de los 3 vidrios de reloj de 5 cm de diámetro se pesa con exactitud 0.1 g de oxalato sódico.

5.- El contenido de cada vidrio de reloj se pasa a un matraz Erlenmeyer de 250 ml.

6.- Se añade a cada matraz 50 ml de agua recientemente destilada, arrastrando hacia el Erlenmeyer las partículas que queden adheridas en el vidrio de reloj.

7.- Se agita para disolver la sal, se añade a cada matraz 50 ml de ácido sulfúrico (1:10) a temperatura ambiente y se agita para obtener una solución homogénea.

8.- Se calienta la solución justo hasta el punto de ebullición y se valora con la solución de permanganato potásico, aproximadamente 0.1 N, hasta que una gota de la misma origina un color rosa persistente durante 30 segundos.

9.- Se calcula el factor de la solución de permanganato potásico 0.1 N en la siguiente forma:

$$f = V * \frac{0.1 * 0.067}{P} = 0.0067 \frac{V}{P}$$

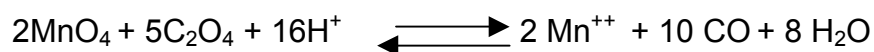
Siendo:

V = Volumen de permanganato potásico empleado en la valoración.

P = peso de oxalato.

$$0.067 = \frac{134}{2 * 100} = \text{miliequivalente del oxalato sódico}$$

Para calcular dicho equivalente se tiene en cuenta que la reacción del oxalato sódico con el permanganato es el siguiente:



g).- *Solución valorada de oxalato amónico, aproximadamente 0.1 N.*

g.1).- Preparación

1.- Se pesan 7.1 g de oxalato amónico  $[\text{C}_2\text{O}_4(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ , se pasan a un vaso de 800 ml, se añaden 500 ml de agua destilada y se agita con una varilla de vidrio para disolver la sal.

2.- Se pasa la solución a un matraz aforado de 1 litro, se lava el vaso con 3 porciones de unos 25 ml de agua destilada, se pasan los lavados al aforado y se diluye hasta el enrase con agua destilada.

g.2).- Valoración

1.- Con una pipeta, se toman 25 ml de la solución obtenida y se vierten en un matraz Erlenmeyer de 250 ml.

2.- Se añaden 25 ml de agua destilada y 50 ml de ácido sulfúrico (1:10).

3.- Se calienta la solución justa hasta ebullición y se valora con la solución de permanganato potásico 0.1 N de factor conocido.

4.- Se calcula el factor de esta solución en la forma siguiente:

$$f_o = \frac{Vf_p}{25}$$

Siendo:

V = Volumen de solución de permanganato potásico, con factor  $f_p$  empleado en la valoración.

$f_o$  = Factor de la solución de oxalato amónico.

#### E.- Procedimiento

##### a).- *Extracción de la fracción húmica de la materia orgánica del suelo:*

- 1.- Se pesan, con exactitud, alrededor de 5 g de un suelo desecado al aire y tamizado ( $\phi = 2$  mm). ( Si el suelo es muy orgánico puede tomarse menos gramos, y viceversa).
- 2.- La muestra se pone en un tubo de centrífuga y se agregan unos 30 ml de NaOH 0.5 por 100.
- 3.- Seguidamente se calienta en baño de agua, a 60 °C durante media hora; después se centrifuga a 4500 rpm, durante 5 minutos y el líquido sobrenadante, que presentará un color oscuro, se decanta. El proceso se repite hasta que el líquido quede incoloro tras la centrifugación.
- 4.- Se reúnen todos los extractos en un matraz aforado de 250 ml y se diluye hasta el enrase con agua destilada.

##### b).- *Fraccionamiento de la materia húmica:*

- 1.- Con una pipeta, se toman 20 ml de la solución antes obtenida y se vierten en tubo de centrífuga.
- 2.- Se añade  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , aproximadamente 7 N, hasta que la solución tenga un pH=4, comprobándolo con papel indicador de pH.
- 3.- Se deja flocular durante diez minutos y se calienta ligeramente para activar la floculación.
- 4.- Se centrifuga durante cinco minutos a 4500 rpm.
- 5.- El precipitado obtenido en la centrifugación está constituido por los ácidos húmicos, mientras que los ácidos fúlvicos quedan en disolución. Para separarlos, se decanta la solución de ácidos fúlvicos a un vaso de 100 ml.
- 6.- Se lava el precipitado de ácidos húmicos con dos porciones de 10 ml de  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , aproximadamente 7 N, añadiendo estos lavados a la solución de ácidos fúlvicos.

Si es necesario, después de cada lavado puede centrifugarse. para asegurar una mejor separación del precipitado en la decantación del líquido de lavado.

7.- Se pasa la solución de ácidos fúlvicos a un matraz aforado de 100 ml, se lava el vaso con tres porciones de 5 ml de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  (1:10), vertiendo los lavados en el matraz aforado de 100 ml y se diluye hasta el enrase con agua destilada.

c).- *Valoración de los ácidos húmicos y fúlvicos:*

c.1).- *Acidos húmicos:*

1.- Se disuelve el precipitado de ácidos húmicos a la menor cantidad posible de NaOH 0.5 N.

2.- Se pasa la solución a un matraz Erlenmeyer de 500 ml , se lava el tubo que contenía los ácidos húmicos con dos porciones de NaOH 0.5 N y se pasan los lavados al matraz Erlenmeyer de 500 ml.

3.- Se añaden a este matraz 25 ml de  $\text{MnO}_4\text{K}$  0.1 N y 25 ml de agua destilada.

4.- Se hierve la solución durante diez minutos, exactamente, se deja enfriar y se añaden 25 ml de  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , aproximadamente 7 N.

5.- Se añaden 25 ml de oxalato amónico 0.1 N, y se agita el matraz hasta que la solución quede incolora.

6.- Se valora a retroceso, con  $\text{MnO}_4\text{K}$  0.1 N, a 40°C aproximadamente.

Al añadir la primera fracción de 25 ml de  $\text{MnO}_4\text{K}$  0.1 N y hervir, se oxidan los ácidos húmicos, en medio alcalino y en caliente; el exceso de  $\text{MnO}_4\text{K}$  se reduce con el oxalato amónico añadido a continuación y el exceso de oxalato es el que se valora finalmente con  $\text{MnO}_4\text{K}$ . De esta forma, la cantidad de  $\text{MnO}_4\text{K}$  empleada en la valoración final es equivalente a la cantidad de ácidos húmicos que se valoran .

c.2).- *Acidos fúlvicos:*

- 1.- Con una pipeta, se toman 25 ml de la solución de ácidos fúlvicos y se vierten en un matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- 2.- Se añaden 2 gotas de la solución de rojo de metilo y se valora con hidróxido sódico 5 N hasta el punto de viraje de dicho indicador.
- 3.- Se toma otra porción de 25 ml de la solución de ácidos fúlvicos y se vierte en un matraz Erlenmeyer de 500 ml.
- 4.- Se añade, a este matraz, el volumen de NaOH 5 N necesario para neutralizar la solución de ácidos fúlvicos (volumen determinado en los puntos 1 y 2).
- 5).- Se añaden 25 ml de  $\text{MnO}_4\text{K}$  0.1 N y 25 ml de agua destilada al matraz Erlenmeyer de 500 ml, se hierve la solución durante diez minutos exactamente, se enfría, se añaden 25 ml de  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , aproximadamente 7 N, y 25 ml de la solución de oxalato amónico 0.1 N y se agita hasta que la solución quede incolora.
- 6).- Se valora a retroceso con  $\text{MnO}_4\text{K}$  0.1 N, a 40° C aproximadamente.

F.- Cálculos del contenido en ácidos húmicos y fúlvicos de la muestra:

Según se ha comprobado empíricamente, cada mililitro de  $\text{MnO}_4\text{K}$  0.1 N, gastado en la valoración, corresponde a 1.02 mg de ácido húmico o fúlvico y los resultados se expresan en gramos por 100 g de muestra, secada en estufa a 30° C. Por tanto:

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de ácidos húmicos, o fúlvicos} &= \\ &= \frac{1.02(25f_1 - 25f_2 + Vf_1) * 100}{1000 * p} = (Vf_1 + 25 (f_1 - f_2)) \frac{0.102}{p} \end{aligned}$$

Siendo:

V = Volumen de solución de  $\text{MnO}_4\text{K}$ , 0.1 N. con factor  $f_1$ , empleado en la valoración final de los ácidos húmicos o fúlvicos.

$f_2$  = Factor de la solución de oxalato amónico.

p = Peso de muestra correspondiente a la alícuota valorada

## ANEXO 2

### GRAMOS DE MATERIAL POR MACETA

La selección u obtención de las cantidades presentadas en el cuadro 4, en el punto de materiales y métodos se obtuvo por medio de cálculos teóricos de la siguiente manera:

Se toma como base al porciento de materia orgánica de los diferentes materiales utilizados en la investigación, con el fin de aumentar la materia orgánica del suelo al 1%, y asimismo considerar la cantidad de ácidos húmicos aplicados por los mismos materiales. Considerando que el peso del suelo por hectárea es de 3,800,000 kg.

3,800,000 kg ----- 100%

X ----- 1 %

X = 38,000 kg de M.O/ha.

1000 gr -----100%

X -----1%

X = 10 gr de M.O/maceta que aumenta un 1 %

100 gr de composta "D"-----30 gr de M.O

X-----10 gr de M.O

X = 33.3 gr de composta/maceta de 1 kg.

100 gr de composta "D" ----- 2.0 gr de Ácidos húmicos  
33.3 gr de composta "D" ----- X

X = 0.666 gr de ácido húmico

X = 666 mg de ácido húmico

100 mg de composta "A" ----- 3.2 mg de ácido húmico  
X-----666 mg de ácido húmico

X = 20.8 gr de composta "A"/maceta

100 gr de composta "A" ----- 40 gr de M.O  
20.8 gr de composta "A" ----- X

X = 8.3 gr de M.O de la composta "A"

10 gr ----- 1%

8.3 gr de M.O ----- X

X = 0.83 %

Y si se desea saber a que equivalen los gramos de material/maceta a kg/ha  
se realiza la siguiente operación.

20.8 gr de composta "A" ----- 1 kg de suelo

X -----3,800,000 kg (peso del suelo/ha.)

X = 79040000 gr

79,040 kg/ha

Así de la misma manera para todos los tratamientos



### ANEXO 3

VARIABLE = ALTURA DE PLANTA.

TRATAMIENTOS	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
A	18.3000	19.2000	18.8000	15.2000
B	15.0000	17.3000	13.7000	17.8000
C	16.5000	18.7000	14.3000	15.7000
D	14.2000	17.7000	17.2000	19.0000
E	12.5000	11.0000	17.2000	17.3000
F	20.2000	17.7000	18.3000	12.0000
G	25.0000	19.0000	22.8000	21.6000
H	14.3000	13.8000	13.5000	11.2000
I	11.7000	12.0000	14.3000	18.7000
J	13.8000	13.3000	9.2000	12.2000
K	15.2000	10.7000	12.8000	10.2000

### ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	GL.	S.C.	C.M.	F.	P>F
TRATAMIENTOS	10	338.242188	33.824219	5.6776	0.000
ERROR	33	196.597656	5.957505		
TOTAL	43	534.839844			

C.V. = 15.562267 %

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05 %

#### **ANEXO 4.**

#### **VARIABLE = PESO FRESCO**

TRATAMIENTOS	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
A	22.8000	24.3000	23.5000	23.5000
B	23.6000	23.4000	22.1000	23.1000
C	21.5000	22.6000	19.5000	22.6000
D	24.2000	23.0000	18.8000	24.2000
E	16.9000	14.3000	18.2000	17.9000
F	20.1000	17.4000	18.1000	9.8000
G	62.3000	54.7000	58.3000	60.6000
H	13.1000	18.5000	22.2000	15.5000
I	16.1000	20.8000	22.5000	22.2000
J	10.8000	18.4000	14.8000	18.2000
K	13.1000	15.9000	16.5000	17.6000

#### **ANALISIS DE VARIANZA**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P>F
TRATAMIENTOS	10	6102.765625	610.276550	79.4473	0.000
ERROR	33	253.490234	7.681522		
TOTAL	43	6356.255859			

C.V = 12.104067 %

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05 %

## ANEXO 5.

### VARIABLE = PESO SECO

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4
A	3.3000	3.6000	3.3000	3.6000
B	3.3000	3.4000	3.3000	3.3000
C	3.1000	3.0000	3.2000	2.8000
D	3.5000	3.5000	2.9000	3.5000
E	2.7000	2.5000	2.8000	2.1000
F	2.5000	2.9000	2.6000	1.2000
G	7.7000	8.1000	7.9000	8.5000
H	3.2000	2.2000	1.8000	2.7000
I	2.4000	3.5000	3.2000	3.3000
J	2.9000	1.5000	2.7000	2.4000
K	2.4000	2.5000	2.6000	2.0000

### ANALISIS DE VARIANZA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P>F
TRATAMIENTOS	10	106.784241	10.678424	59.1756	0.000
ERROR	33	5.954956	0.180453		
TOTAL	43	112.739197			

---

C.V = 12.854958 %

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05 %