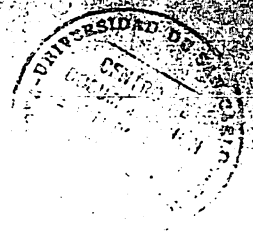
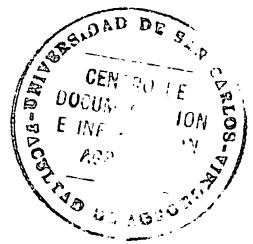


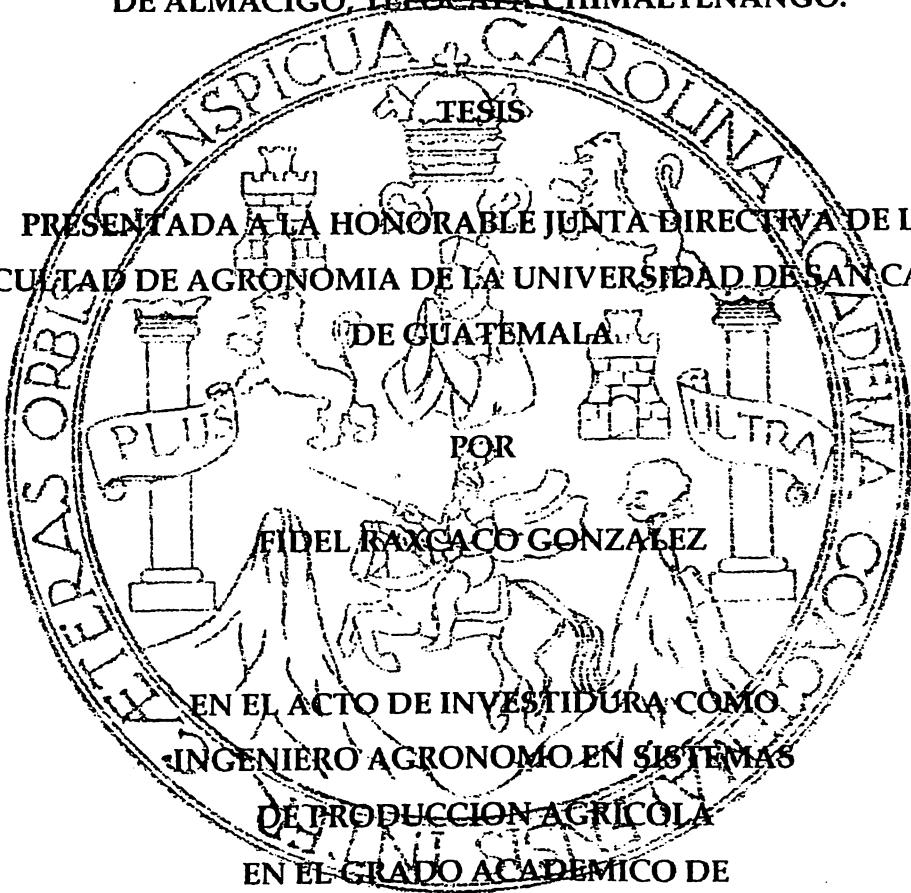
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS



EVALUACIÓN DE 5 PROPORCIONES DE LOMBRICOMPOST CON
SUELO Y 4 DOSIS DE FERTILIZANTE QUÍMICO 20-20-0 PARA LA
PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE CAFÉ, *Coffea arabica* L., EN LA ETAPA
DE ALMACIGO, YEPICAPA CHIMALTENANGO.



TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



POR
FIDEL RAJACACO GONZALEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS
DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2001.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Erberto Raul Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO:	Prof. Abelardo Caal Ich
VOCAL QUINTO:	Br. Axel Aureliano Herrera Pérez
SECRETARIO:	Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada.

Guatemala, noviembre de 2001-09-10

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado **EVALUACIÓN DE 5 PROPORCIONES DE LOMBRICOMPOST CON SUELO Y 4 DOSIS DEL FERTILIZANTE QUÍMICO 20-20-00 PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE CAFÉ, *Coffea arabica* L., EN LA ETAPA DE ALMACIGO, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente:



Fidel Raxcazo González.

Carné 8314100

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: Por sus bendiciones

Mis padres: Concepción Raxcacó Xitumul

Gudelia González

Mi esposa: Lucila Rodas Gramajo de Raxcacó

Mis hijas: Gabriela Anaité y Vera Lucia Raxcacó Rodas

Mis hermanas y hermanos.

Universidad de San Carlos de Guatemala en especial a la Facultad de Agronomía.

AGRADECIMIENTO

Ing. Agr. Edgar López de León, Ing. Agr. Fredy Hernández Ola: por su asesoría, revisión y corrección de la presente tesis.

ANACAFE: por ser la institución que me ha permitido, realizar la combinación de teoría con la practica.

A mis compañeros de la región III, especialmente al Ing. Agr. Mainor Vasquez.

Juan Antonio Durán González. propietario de la empresa cafetalera el Patrón y anexo, por haber permitido realizar la investigación durante un año y el apoyo incondicional recibido.

Los retornados de la comunidad Nueva Victoria: su disposición al aprendizaje para lograr su despegue económico a través de la caficultura en el Ejercicio Profesional Supervisado.

Pequeños, medianos y grandes productores de café de los municipios de Acatenango y Yepocapa, por su apoyo incondicional.

A los compañeros:

Ing. Agr. Arturo Villeda S.

Programador: Marlon García

Ing. Agr. Humberto Jiménez

Ing. Agr. Bayron Yury Medina

Héctor Fernando López

P.A.E. Mainor Santizo.

Lic. Jaime Posadas

Ing. Agr. Oscar García.

Ing. Agr. Sergio Sierra

Y a todas las personas que han ayudado para poder realizar mi esfuerzo de superación y estudio.

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
1 INTRODUCCION.....	1
2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3 JUSTIFICACION.....	3
4 MARCO TEORICO.....	5
4.1 Marco Conceptual.....	5
4.1.1 Materia Orgánica.....	5
4.1.1.1 Funciones de la materia orgánica.....	6
4.1.2 Valoración de las lombrices a través de la historia.....	8
4.1.3 Lombricultura.....	9
4.1.3.1 Especies Utilizadas.....	10
4.1.3.2 Sustrato.....	10
4.1.3.3 Lombricompostaje.....	11
4.1.3.4 Características del lombricompost.....	12
4.1.4 Investigaciones realizadas.....	16
4.1.4.1 Utilización de la lombriz roja californiana <i>Eisenia foetida</i> , Sav.....	16
en el proceso de descomposición de la pulpa de café.....	16
4.1.4.2 La Pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para.....	17
almácigos para café.....	17
4.1.4.3 La lombriz de tierra como alternativa en la transformación de la pulpa de	
café.....	18

4.1.4.4 Producción y calidad de abono producido por medio de *Eisenia foetida*

<i>Sav</i>	19
4.1.5 El humus de lombriz en horticultura y floricultura	20
4.1.6 Humus.....	28
4.1.7 Parámetros biológicos de la fertilidad del suelo.....	28
4.1.7.1 Contenido en materia orgánica	29
4.1.7.2 El contenido en ácidos húmicos.....	35
4.1.7.3 Colonización microbiana del suelo.....	37
4.1.8 Descripción, usos y aplicación del humus de lombriz	41
4.1.8.1 Dosis y fechas de aplicación.....	42
b) Estado general de las plantas.....	43
4.1.8.2 Fechas de aplicación	44
4.1.9 Fertilidad y fertilización.....	48
4.1.9.1 El suelo	48
4.1.9.2 Fertilidad.....	49
4.1.9.3 Fertilizantes.....	49
4.1.9.4 Fertilización	49
4.1.9.5 Fertilización disuelta al suelo del almácigo o método de ANACAFE	49
4.1.9.6 Fertilización granulada al suelo del almácigo.....	50
4.1.9.7 Fertilización foliar en almácigos.....	50
4.2 MARCO REFERENCIAL.....	51
4.2.1 Ubicación y descripción del área en estudio.....	51
4.2.2 Zona de vida.....	54
5 OBJETIVOS.....	55
6 HIPÓTESIS.....	56

7	METODOLOGIA.....	57
7.1	Materiales y procedimientos.....	57
7.1.1	Materiales utilizados.....	57
7.1.2	Procedimiento.....	58
7.2	Manejo del material experimental.....	60
7.2.1	Diseño experimental.....	60
7.2.2	Descripción de los factores.....	60
8	MODELO ESTADISTICO.....	64
9	RESULTADOS.....	65
10	CONCLUSIONES.....	101
11	RECOMENDACIONES.....	102
12	BIBLIOGRAFIA.....	103
13	ANEXO.....	105

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido del humus de lombriz.....	15
Cuadro 2. Criterios de la FAO para clasificación de los suelos.....	29
Cuadro 3. Producción agrícola media de una hectárea.....	30
Cuadro 4. Colonización microbiana del suelo	38
Cuadro 5. Usos y aplicación de los porcentajes de la lombricompost.....	45
Cuadro 6. Contenido de nutrimentos y dosis de la lombricompost.....	46
Cuadro 7. Respuesta de algunos cultivos a la aplicación de la lombricomposta	46
Cuadro 8. La cantidad a aplicarse varía según el tipo de planta y tamaño	47
Cuadro 9. Muestra el análisis químico de elementos del lombricompost (humus de lombriz) previo a la mezcla del sustrato.....	59
Cuadro 10. Muestra las características químicas del suelo que se utilizarán en el sustrato	59
Cuadro 11. Niveles del factor "A".....	60
Cuadro 12. Niveles del factor "B".....	61
Cuadro 13. Arreglo combinatorio de los factores	61
Cuadro 14. Arreglo combinatorio de los factores en la parcela experimental	62
Cuadro 15. Tratamientos que fueron evaluados en la investigación	63
a) Cuadro 16. Promedios de subtratamientos de las variables en estudio	67
b) Cuadro 17. Interacción de las variables del lombricompost.....	67
c) Cuadro 18. Interacción de las variables de la fertilización disuelta	68

d) Cuadro 19. Análisis de varianza para las variables en estudio	68
i) Cuadro 20. Análisis de varianza de la biomasa total húmeda, en gramos.....	70
ii) Cuadro 21. Prueba de Tukey de la biomasa total de la planta en base húmeda, expresada en gramos	70
i) Cuadro 22. Análisis de varianza, biomasa total seca, expresado en gramos	73
ii) Cuadro 23. Prueba de Tukey, biomasa total seca, expresada en gramos	73
i) Cuadro 24. Análisis de varianza del diámetro expresado (mm.)	77
ii) Cuadro 25. Prueba de Tukey del diámetro expresado en milímetros.....	77
i) Cuadro 26. Análisis de varianza de la altura de la planta expresada en centímetros.....	82
ii) Cuadro 27. Prueba de Tukey al 5%.....	82
i) Cuadro 28. Análisis de varianza del número de tallos plagiotrópicos	85
ii) Cuadro 29. Prueba de Tukey al 5%.....	85
i) Cuadro 30. Análisis de varianza de peso en base húmeda de la raíz expresada en gramos	88
ii) Cuadro 31. Prueba de Tukey al 5%.....	88
i) Cuadro 32. Análisis de varianza del peso en base seca de raíz expresada en gramos.	91
ii) Cuadro 33. Prueba de Tukey al 5%.....	91
i) Cuadro 34. Análisis de varianza de la variable peso húmedo de la parte aérea expresada en gramos	94
ii) Cuadro 35. Prueba del Tukey al 5%.....	94
i) Cuadro 36. Análisis de varianza del diámetro basal expresado en mm.	97
ii) Cuadro 37. Prueba de Tukey al 5%.....	97
Cuadro 38. Costo de producción de 1000 plantas de almácigo de café injertado	99
Cuadro 39.....	99
Cuadro 40: Gastos administrativos.....	99

Cuadro 41. Costos administrativos.....	99
Cuadro 42. Gastos administrativos	100
Cuadro 43. Resumen de costo administrativo.....	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de Humificación	34
Figura 2: Mapas topográficos de la finca las Mercedes, Yepocapa , (11, 12, 13).	53
iii) Figura 3. Biomasa total húmeda (gramos) de las distintas proporciones de lombricompost.	71
iii) Figura 4. Biomasa total húmeda (gramos) de la fertilización disuelta.	71
iii.) Figura 5. Biomasa total seca, (gramos) para las distintas proporciones de lombricompost.	74
iii) Figura 6. Biomasa total seca, expresada en gramos de la fertilización disuelta	74
Figura 7. Desarrollo del diámetro (mm) de las proporciones de lombricompost.....	76
Figura 8. Desarrollo del diámetro (mm.), de la fertilización disuelta.....	76
iii) Figura 9. Diámetro (mm.) de las distintas proporciones de lombricompost	78
iii) Figura 10. Diámetro (mm) de la fertilización disuelta.	78
Figura 11. Muestra la tendencia de los tratamientos para las distintas proporciones de lombricompost utilizadas en el sustrato	80
Figura 12: Tendencia de los tratamientos, en la fertilización disuelta	81
iii) Figura 13. Altura de la planta (Cm) de las proporciones de lombricompost.....	83
iii) Figura 14. Altura de planta (Cm) de la fertilización disuelta.	83
iii) Figura 15. Número de cruces por las distintas proporciones de lombricompost.....	86
iii) Figura 16. Número de cruces por la fertilización disuelta.....	86
iii) Figura 17. Peso húmedo, de zona radicular de las proporciones de lombricompost	89
iii) Figura 18. Peso húmedo (gramos) de zona radicular de la fertilización disuelta.	89
iii) Figura 19. Peso seco, de zona radicular de las proporciones de lombricompost.....	92

iii) Figura 20. Peso seco de zona radicular de la fertilización disuelta.....	92
iii) Figura 21. Peso de la base húmeda en gramos de la parte aérea para las distintas proporciones de lombricompost.....	95
iii) Figura 22. Peso de la base húmeda en gramos de la parte aérea para la fertilización disuelta	95
iii) Figura 23. Peso de la base seca en gramos de la parte aérea para las distintas proporciones de lombricompost.....	98
iii) Figura 24. Peso de la base seca en gramos de la parte aérea para la fertilización disuelta ...	98

EVALUACIÓN DE 5 PROPORCIONES DE LOMBRICOMPOST CON SUELO Y 4 DOSIS
DEL FERTILIZANTE QUÍMICO 20-20-00 PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE
CAFÉ, *Coffea arabica* L., EN LA ETAPA DE ALMACIGO, YEPOCAPA
CHIMALTENANGO

EVALUATION OF 5 PROPORTIONS OF LOMBRICOMPOST WITH SOIL, AND 4
DOSAGES OF CHEMICAL FERTILIZER 20-20-0 FOR THE PRODUCTION OF COFFEE
PLANTS, *Coffea arabica* L., AT NURSERY STAGE, YEPOCAPA CHIMALTENANGO.

RESUMEN

En Guatemala la producción de café maduro al ser procesado por medio del beneficiado húmedo genera alrededor de 10 millones de quintales de pulpa y en el municipio de Yepocapa la cantidad de pulpa se aproxima a los 500 mil quintales, de la misma se utiliza apenas el 40% en diferentes tipos de abonos orgánicos, para incrementar la proporción de su uso es de suma importancia encontrar alternativas eficientes, a fin de que el agricultor se beneficie reduciendo los costos de producción, por otro ángulo fomentar su uso con fines de minimizar el impacto ambiental debido a la polución que producen los subproductos del fruto del cafeto.

Las bondades de los abonos orgánicos provenientes del vermicompostaje se desconocen, pero se desconoce la eficiencia de la combinación de diferentes proporciones de este material orgánico con complementos de suelo y niveles de fertilizantes químico tipo 20-20-00, para obtener almacigos de plántulas de café de calidad que permitan reducir el porcentaje de mortandad, que asciende a un 10%, cuando se hace el trasplante al campo definitivo, asegurando así al agricultor un mayor número de plantas productoras por unidad de área.

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue evaluar cinco proporciones de humus de la lombriz roja californiana, *Eisenia foétida* Sav., con fertilización disuelta del fertilizante químico 20-20-00, a cuatro concentraciones, en la producción de plántulas de café en

la etapa de almácigo, bajo las condiciones de la zona caretalera de Yepocapa, Chimaltenango. Las proporciones de lombricompost utilizadas fueron 0, 10, 20, 30, y 40%, estas se combinaron con las cuatro concentraciones de disolución 0, 1, 2 y 3 %, aplicando 50 cc. de cada una de ellas por bolsa. Generando una cantidad de 20 tratamientos, se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo bifactorial y distribuidos en tres repeticiones. Las variables medidas para cumplir con los objetivos fueron: biomasa total en base húmeda y seca expresada en gramos, biomasa de la raíz en base húmeda y seca en gramos, biomasa de la parte aérea en base húmeda y seca en gramos, diámetro basal del tallo ortotrópico en milímetros, altura de la planta en centímetros y número de tallos plagiotropicos llamados "cruces".

La combinación de la proporción 20% de lombricompost más 80% de suelo (T-13), presentó los mejores rendimientos en las mediciones descritas; la concentración al 1% del fertilizante 20-20-0 disuelto y aplicando de ella el volumen de 50cc. por bolsa de almácigo, que corresponde a 0.5 gramos, presentó los mejores rendimientos en biomasa total en base húmeda y seca, diámetro basal del tallo ortotrópico, altura de la planta y número de tallos plagiotrópicos. La interacción de estos dos factores, sustrato y dosis de fertilización no reportaron significancia estadística por lo que estos actúan en forma independiente. La proporción 10% de lombricompost con el 90% de suelo, tuvo respuesta importante de las variables descritas por lo que sería una segunda alternativa si el humus es escaso.

Se recomienda a los caficultores de la zona donde se realizó este estudio que para obtener almácigos de calidad y a bajo costo, se recomienda que utilicen el 20% de humus de lombricompost y 80% de suelo en el sustrato de la bolsa de almácigo y aplique 50cc por bolsa de la concentración del 1% del fertilizante químico 20-20-00 que corresponderá a la dosis de 0.5 gramos por bolsa.

De los costos: el tratamiento 20% de lombricompost para una bolsa de almácigo de 6"X10"X3 milésimas de grueso se incremento en Q 0.38 centavos de quetzal con relación al testigo absoluto.

I INTRODUCCION

En Guatemala se producen anualmente 100 millones de plantas de almácigo de café, de esta producción se pierde aproximadamente el 10% por diversas causas. Una causa que se considera recurrente es por desequilibrio nutricional del sustrato, la falta de fertilización en el momento oportuno, dosis y formulas no adecuadas, número de bolsas por hileras o surco, mala aplicación de los riegos, utilización de plaguicidas no adecuados, control fitosanitario no adecuado y proliferación de diferentes plagas y enfermedades.

La utilización de agroquímicos genera en el proceso de la producción no solo altos costos sino también impactan en el medio ambiente siendo este un grave problema.

Evitar la pérdida efectiva de un porcentaje de plantas en el proceso de crecimiento como una incidencia negativa en el sustrato y su composición como medio de vida de las plantas en el estadio de almácigo, es el propósito de la siguiente investigación, que se basará en determinar la proporción efectiva del humus de lombriz y suelo que se requieren para el sustrato en la producción de almácigo de café injertado.

Para ello se implemento un arreglo bifactorial 5 X 4, distribuido en el diseño de bloques al azar, los factores son los siguientes: proporciones de lombricompost en el sustrato y dosis disuelta de fertilizante químico 20-20-0 al suelo, con tres repeticiones, que servirá de modelo para seleccionar los mejores tratamientos y que reduzca los costos de producción en la etapa de almácigo.

Dentro de la metodología de la investigación, elementos importantes que se emplearan para alcanzar resultados concluyentes lo constituirán, las variables como: diámetro basal del tallo ortotrópico, altura de la planta, número de tallos plagiotrópicos (cruces), biomasa de raíces, biomasa de la parte aérea y biomasa total de planta en base húmeda y base seca.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La caficultura guatemalteca produce un promedio de 10 millones de quintales de pulpa de café (17). y en el municipio de Yepocapa se producen 500 mil quintales, aproximadamente, del cual se presume que está siendo utilizada en un 40%, por lo que es de suma importancia encontrar alternativas tecnológicas para aumentar en esta zona su uso, de tal forma que se beneficie con su aplicación al caficultor reduciendo costos así como también evitando mayor contaminación porque se está fomentando el uso de materia orgánica en el proceso de producción de almácigos.

El mayor número de beneficios son tradicionales que corresponde a un 75% del total, predominando el tipo mediano con alto consumo de agua. La utilización de la pulpa es generalizada, la utilizan el 99% de caficultores principalmente como abono, a tal manera de minimizar la contaminación directa por este subproducto. Hay problemas con los depósitos de la pulpa, éstos están muy dañados y en algunos sitios inadecuados, donde el escurrimiento del agua de la pulpa es alto y generalmente este se dirige principalmente hacia los ríos, lagos y otros afluentes.

El abastecimiento para procesar el café maduro en el beneficio húmedo la cantidad de agua es grande y proviene principalmente de ríos. La principal contaminación es generada por las aguas mieles hacia ríos por alrededor del 97% de beneficios aunque el 70% de beneficiadores están de acuerdo en la reconversión de sus beneficios, pero la parte financiera es el factor más limitante para realizar dicha reconversión (19).

3 JUSTIFICACION

No se conocen estudios que demuestren la efectividad del humus de lombriz en la producción de almácigo y dosis disuelta de fertilizante químico del tipo 20-20-00. Razón por lo que este trabajo de tesis a través de la investigación de campo se comprobó que los agricultores de ésta área cafetalera comúnmente fertilizan sus almácigos sin análisis de suelos, lo que permite que este planteamiento, responda a un problema y sobre todo a las necesidades del caficultor de San Pedro Yepocapa.

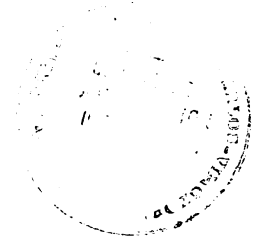
El uso de la pulpa como abono orgánico ha permitido lograr su optimización en la producción, por sus componentes químicos y mejorador del suelo, razón por la cual es de suma importancia su aplicación, además el humus de lombriz de coqueta roja *Eisenia foétida* Sav. es un fertilizante, equilibrador biológico y mejorador del suelo, que estimula el crecimiento de las plantas (1), y es por eso que los caficultores han iniciado su crianza de lombriz, para aprovechar los residuos de la cosecha, es decir, la pulpa del café, conjuntamente logrando con esto, reducir la contaminación de los residuos orgánicos en la zona a través de la conversión del humus, materia orgánica con buenas cualidades físicas, químicas y biológicas como mejorador del sustrato.

En virtud que el municipio de Yepocapa produce 500 mil quintales de pulpa de café y de la cual se presume que solo se está utilizando el 40%, entonces es de suma importancia tratar de fomentar el uso del 60% restante de la pulpa de café, con el trabajo de investigación como el de éste género, se pretende transferir la tecnología que permita al agricultor hacer uso de este subproducto que ya por medio del proceso del lombricompost adquiera cualidades de riqueza de sus elementos nutritivos proveyendo al sustrato buena fertilidad para los requerimientos y necesidades de la plántula del cafeto en sus primeros estadios para desarrollar finalmente

almácigos de alta calidad, contribuyendo además este lombricomposteo un ahorro en el uso de fertilizante químico al aplicar la mitad de la dosis acostumbrada para la producción de almácigo así como también minimizar la contaminación por efecto de los nitritos.

Como ya se hizo referencia, se pierde el 10% de los almácigos por diferentes causas; siendo la fertilización del sustrato uno de los factores detrimentales que más afectan a esta mortandad, por lo que con la mejor mezcla que se logre determinar por medio de éste trabajo de investigación se logrará reducir en muy buena proporción este grave flagelo de la mortalidad de almácigo que afecta no solo a la zona cafetalera de Yepocapa sino también a nivel nacional.

4 MARCO TEORICO



4.1 Marco Conceptual

4.1.1 Materia Orgánica

De manera amplia el concepto de materia orgánica ha sido considerado como *“Una porción activa e importante de un suelo”* (7). Para ALTERTEC“(25). *La materia orgánica está constituida por materiales de plantas frescas, en descomposición y humus; microorganismos y animales pequeños vivos o muertos”*.

Cardona (3), Por su parte, dice que la materia orgánica *“Esta constituida por todos aquellos residuos de plantas y animales que sufren un proceso de descomposición”*.

Cardona, Donahue, R.L.; Miller, R.W.; Shickluna, J.C. y Altertec, (3, 7, 25) Concuerdan en tomar como aspecto esencial de la materia orgánica su composición por materiales en descomposición y que forma parte importante en un suelo.

La influencia de la materia orgánica en las propiedades de los suelos suele ser grande, mayor de lo que podría suponerse, si se toma en cuenta que su contenido en el suelo es más un agregado que un componente. Además varía con el tipo y profundidad del suelo. Un suelo rico en materia orgánica, permite una mayor inserción de la raíz de la planta.

La materia orgánica proporciona nutrientes tales como nitrógeno, fósforo y azufre, siendo la principal abastecedora de nitrógeno al suelo, da energía a los microorganismos del suelo, sin ésta no habría actividad biológica, ni descomposición de la misma materia orgánica y tampoco se formarían nódulos en las raíces de las leguminosas. En suelos cultivados, los residuos vegetales producen un alto contenido de materia orgánica, que favorecen la actividad de lombrices, caracoles, escarabajos y microorganismos. Sin embargo, las prácticas agrícolas en suelos cultivados agotan la materia orgánica dejando a los terrenos con insuficiencia de nutrientes.

La reposición del contenido de la materia orgánica, después de un agotamiento, es un proceso lento, por lo tanto, se debe tomar medidas correctivas a través de la producción e incorporación de abonos verdes y residuos animales, y de la constante restitución de los residuos vegetales de las cosechas.

En la definición de ALTERTEC (25). Al referirse al humus como un componente de la materia orgánica, lo considera propiamente como; *“el producto final de la descomposición de la materia orgánica en el suelo”*. En estos casos el humus se descompone o pierde sus características de agente estabilizador de las estructuras del suelo.

4.1.1.1 Funciones de la materia orgánica

Según Cardona, citado por Ixcot González (15), las principales funciones de la materia orgánica.

- a) Reducir el impacto de la gota de lluvia que cae y permite que el agua se infiltre con suavidad en el suelo, por lo tanto, reduce el escurrimiento superficial y la erosión.
- b) Los residuos orgánicos se descomponen con facilidad y permiten síntesis de sustancias orgánicas complejas que ligan las partículas del suelo en unidades estructurales, llamados agregados. Estos ayudan a mantener un estado granular suelto o abierto en el suelo. La condición granular del suelo favorece una buena aireación y permeabilidad.
- c) Incrementa la capacidad de retención de agua, esto no significa, necesariamente, un aumento en las existencias de agua disponible para las plantas, dado que la materia orgánica retiene el agua con bastante firmeza.
- d) Sirve como un depósito de elementos químicos que son esenciales para el desarrollo de las plantas. La mayor parte del nitrógeno del suelo se presenta en combinación orgánica. Sólo una pequeña parte (de ordinario de 1 a 3%), se presenta en formas inorgánicas en cualquier momento.
- e) Una cantidad considerable de fósforo y azufre también existen en formas orgánicas. Al

descomponerse, la materia orgánica proporciona los nutrientes necesarios para las plantas en desarrollo.

- f) Al descomponerse producen ácidos orgánicos y bióxido de carbono que ayudan a disolver minerales como el potasio; de esta manera, las plantas en desarrollo pueden obtenerlos con facilidad.
- g) El humus proporciona un almacén para los cationes potasio, calcio y magnesio, intercambiables y disponibles. También impiden la lixiviación de los fertilizantes amoniacales, porque el humus retiene el amonio en forma intercambiable.
- h) Sirve como una fuente de energía para el desarrollo de los microorganismos del suelo. Todos los organismos heterotróficos (por ejemplo los organismos que fijan nitrógeno), requieren materia orgánica que se descomponga con facilidad y de la que puedan obtener carbono.
- i) Proporciona alimento para organismos como lombrices, hormigas y roedores. Estos animales perforan el suelo y construyen canales extensos a través de él, los cuales sirven, no solo para aflojarlo, sino también para mejorar su drenaje y aireación. Además, estos permiten que las raíces de las plantas obtengan oxígeno y liberen bióxido de carbono a medida que crecen. Las lombrices solo pueden vivir en suelos que estén bien provistos de materia orgánica.
- j) Las pérdidas de agua, por evaporación se reducen mediante capas protectoras orgánicas.
- k) La materia orgánica fresca tiene una función especial, porque facilita la obtención del fósforo en los suelos ácidos. Al descomponerse, la materia orgánica libera citratos, oxalatos, tartratos y lactatos que se combinan con el hierro y el aluminio con más rapidez que el fósforo. El resultado es la formación de un número menor de fosfatos insolubles de hierro y aluminio y la disponibilidad de más fósforo para el desarrollo de la planta.

i) Los ácidos orgánicos liberados de la materia orgánica en descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos.

m) La materia orgánica está íntimamente relacionada con la estructura ideal del suelo, ya que aumenta la porosidad, mejora la relación del agua, aire y reduce la erosión provocada por la acción del agua y el viento. Químicamente, la materia orgánica constituye la fuente de casi todo el nitrógeno del suelo, del 5 al 60% del fósforo, hasta el 80% del azufre y de una gran parte de boro y molibdeno.

4.1.2 Valoración de las lombrices a través de la historia

El rol de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo, era bien conocido en el Antiguo Egipto. Una gran parte de la fertilidad del valle del Nilo dependía de estos animales.

El gran filósofo griego Aristóteles las definió certeramente como: “ *Los intestinos de la tierra*”. Los romanos también supieron apreciar a las lombrices, aunque recién en el siglo XIX se explicó científicamente cual era su verdadera función en el ecosistema. En su último libro, Charles Darwin demostró que en el transcurso de cuatro o cinco años las lombrices hacían pasar por su intestino la mayor parte de la capa arable del suelo. Para hacerse una idea de la magnitud de ésta tarea vale el siguiente dato: Una hectárea de campo puede contener una tonelada de lombrices que procesan 250 toneladas de tierra por año. Se puede comprender mejor este prodigio si se tiene en cuenta que puede haber más de diez millones de lombrices por hectárea, equivalente a dos toneladas de biomasa.

Darwin inventó un aparato que fijó al suelo para medir como de año en año se elevaba el nivel de terreno por la oscura labor de estos gusanos. Incluso según su opinión, ellos eran los responsables de que las piedras de Stonehenge estuviesen parcialmente enterradas.

Guillermo H. Hudson. – El naturalista y escritor argentino contaba que los jardineros-ingleses de la época victoriana culpaban a las lombrices por sus plantas atacadas. Incluso habían diseñado un palita especial para extraerlas. Probablemente la causa de este error de apreciación se debiera a que las lombrices suelen ser abundantes alrededor de las raíces de las plantas. Están ahí para ingerir sustancias tales como azúcares, vitaminas, enzimas y minerales, segregadas por las raíces y las bacterias que viven próximas a ellas. En verdad, las lombrices sólo comen materia orgánica muerta y nunca plantas vivas. Necesitan que estén descompuestas para poder ingerirlas, Hudson les dijo que los ingleses que estaban matando a la gallina de los huevos de oro, porque en los lugares donde la tierra había sido “desparasitada” de lombrices el césped era pobre y la tierra era compactada (22).

4.1.3 Lombricultura

Han pasado más de 100 años desde que Charles Darwin publicara su libro “La formación de la cubierta vegetal por la acción de las lombrices” (1881), que fue el resultado de sus cuidadosas observaciones de la actividad de las lombrices. Él estableció la importancia de éstas en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, demostró la gran cantidad de suelo que ellas movilizan e impulsó el interés de muchos científicos en el estudio de sus hábitos y su papel en los suelos (Edwards y Neuhauser, 1988).

La Lombricultura significa cultivo de lombrices, aunque en la última década se habla que es una biotecnología en la cual se utiliza a la lombriz de tierra como una herramienta de trabajo para la transformación de desechos orgánicos (Martínez, 1996). Es una actividad sencilla que puede ser adoptada por cualquier agricultor para transformar los desechos orgánicos, incluyendo la pulpa de café (Valencia, 1993, citado por Castellón, 4).

4.1.3.1 Especies Utilizadas

No cualquier lombriz puede ser utilizada para transformar los desechos orgánicos. Esto se debe a que en la naturaleza se encuentra un grupo reducido de especies de lombrices capaces de vivir y desarrollarse en sitios con altas concentraciones de materia orgánica; estas especies son susceptibles a la sequedad, a la luz solar directa y son pequeñas y poco móviles. Sin embargo, estas especies tienen altos rendimientos de crecimiento y reproducción, pueden vivir en altas densidades de población y pueden soportar la acidez y la temperatura presente en los sustratos (Lofs-Holmin, 1985; Aranda, 1995).

Muchas especies de lombrices tienen potencial para procesar residuos orgánicos, pero relativamente pocas han sido usadas e investigadas adecuadamente. De las especies más comúnmente usadas se incluyen a *Eisenia foétida* Sav. (Lombriz Californiana) y *Eisenia andrei* (Lombriz tigre), *Eudrilus eugeniae*, *Dendrobaena veneta*, *Perionyx excavatus* y *perionyx hawayana* (Aranda, 1995; Edwards, 1998, citado por Castellón 4) o la híbrido rojo de California, que se cita como *Helodrilus caliginosus*. Estas especies tienen mucha semejanza con *Eisenia foética* Sav. al grado de que solo pueden diferenciarse cuando proceden de criaderos específicos, a simple vista no hay diferencia (18).

4.1.3.2 Sustrato

Cualquier sustrato orgánico puede convertirse en abono natural mediante el proceso de lombricompostaje. La transformación de tejidos fibrosos y secos es más lenta que de sustratos jugosos y blandos. Una relación C/N cercana a los 30:1 permite una eficiente transformación; un exceso de nitrógeno podría ser tóxico, mientras que una deficiencia puede provocar una inadecuada alimentación de las lombrices y microorganismos presentes (Aranda, 1995). León *et al.* (1992) estudiaron el cultivo de *E. foétida* Sav. utilizando excretas de cerdo, estiércol de bovino y gallinaza en diferentes proporciones con compost y suelo. Ellos encontraron que la

gallinaza de cuatro meses, proveniente del piso del gallinero, produjo un 100% de mortalidad en los primeros días, debido a que este material es rico en componentes nitrogenados tóxicos para las lombrices. Los sustratos más comunes y utilizados son los estiércoles de animales, residuos agroindustriales, residuos domésticos y de mercados, residuos de jardinería, restos de rastros, y otros como el lirio acuático, afluentes de fosas sépticas, lodos y basuras municipales (Aranda, 1995; Martines, 1996, citados por Castellón, 4).

4.1.3.3 Lombricompostaje

Consiste en la crianza masiva de lombrices en altas densidades de población bajo condiciones controladas (Edwards, 1998) las lombrices son alimentadas con residuos orgánicos como la pulpa de café, transformando estos en biofertilizantes, lombricompost o humus de lombriz de gran calidad y utilidad para el crecimiento de las plantas (Aranda, 1995).

A diferencia de otras técnicas convencionales de compostaje, el proceso de lombricompostaje aprovecha las características biológicas y fisiológicas de las lombrices para potenciar al máximo la descomposición microbiana aeróbica (Tineo, 1994). Durante este proceso, no se generan malos olores, ni se atraen insectos u organismos indeseables, lográndose obtener un bioabono de gran calidad por su presentación en agregados, su equilibrio de nutrientes, sustancias húmicas y compuestos bioactivos que le confieren una calidad excepcional, como sustrato para las plantas (Aranda 1995). Según Edwards (1998) un importante aspecto de lombricompostaje es la transformación de muchos nutrientes a formas más disponibles para las plantas, tales como nitratos o nitrato de amonio, fósforo cambiante, y potasio, calcio y magnesio solubles.

El proceso de lombricompostaje puede ser efectuado desde pequeña hasta gran escala, desde niveles rústicos bajo condiciones de campo, hasta la instalación de procesos intensivos.

En este proceso, se debe de considerar factores como la humedad, la temperatura, el pH

y la disponibilidad de recursos con que cuenta el productor como, instalaciones, materiales, mano de obra, espacio, transporte y acceso de sustratos (Aranda, 1995; Martínez, 1996).

Cáceres (1998) evaluó las proporciones 1:3 y 1:1 (lombricompost de pulpa de café: suelo); proporción 1:3 (pulpa descompuesta: suelo); lombricompost aplicado a la hoja fertilización química y testigo absoluto; encontró que los tratamientos con lombricompost presentaron los mayores valores. El tratamiento en proporción 1:1 presentó el mayor número de hojas, altura de planta y peso fresco y seco de la parte aérea más raíz. Así mismo la proporción 1:3 presentó el mayor valor para la variable largo de raíz (4).

4.1.3.4 Características del lombricompost

El abono resultante del *lombricompostaje* se denomina *lombricompost*, *vermicompost*, humus de lombriz, entre otros. Es un conjunto estable de compuestos orgánicos humificados, que pueden permanecer almacenado por mucho tiempo sin sufrir alteraciones, con adecuada cantidad de macro y micronutrientes y de microorganismos, resultado de la transformación intensiva y controlada de la materia orgánica muerta ingerida por las lombrices (Aranda, 1995). El lombricompost es similar a un suelo fértil, aunque se dosifique en exceso no quema a las plantas jóvenes y delicadas, es inodoro, de estructura granular, de coloración café oscuro, casi negro, uniforme y poroso, pH neutro, libre de semillas y patógenos. Además contiene enzimas, fitohormonas, microorganismos y microfauna de primordial importancia para la ecología de los suelos (Aranda, 1995). El contenido de nutrientes en el lombricompost está relacionado con el sustrato que le da origen. En estiércoles de animales procesados por lombrices, el contenido de nutrientes oscila de 1.8–3% de nitrógeno, 0.21–2.9% de fósforo, 0.48–2.50% de potasio, 0.94–9.5% de calcio, 0.25–1% de magnesio y 0.02–0.92% de manganeso (Edwards, 1998).

En los últimos años ha tomado auge la investigación del lombricompost y sus extractos (ácidos húmicos y fúlvicos), enfocando en el grado de humificación, la actividad enzimática y el

contenido de nutrientes y los efectos en plantas fertilizadas con estos materiales. Los trabajos han demostrado beneficios para el crecimiento y la producción de plantas y la calidad de sus productos. Estos efectos han motivado el uso de estos compuestos como fracción importante en fertilizantes orgánicos (Gómez *et al.*, 1995 citados por Castellón, 4).

Según Martínez (18), la base principal de la alimentación de las lombrices la constituyen los microorganismos que participan en la descomposición de materia orgánica del suelo por lo que es importante mantener el suelo con restos vegetales para que las lombrices tengan su fuente de alimento. La calidad del humus depende, además de la alimentación empleada, de su granulometría.

- a) El más fino se absorbe muy rápidamente y se destina a las plantas que tienen necesidades urgentes.
- b) El de granulometría media, se utiliza en floricultura y horticultura.
- c) El grano más grueso en frutales y otras plantas.

Según Ravera y De Sanzo (22), la lombricompost tiene otras características.

- a) Aumenta la resistencia a las heladas.
- b) Aumenta la retención hídrica de los suelos (de 4 a 27 %) disminuyendo el uso del agua en los cultivos.
- c) El lumbricompost aumenta notablemente el porte de plantas, árboles y arbustos comparado con otros ejemplares de la misma edad.
- d) Durante el trasplante previenen enfermedades y evita el shock por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.
- e) Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- f) Neutraliza eventuales presencias contaminadoras, (herbicidas, ésteres fosfóricos).

g) Por los altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos, mejora las características químicas del suelo.

h) El humus tiene un efecto tampón, es decir que mantiene el equilibrio iónico en el medio interno, este efecto hace que el suelo se moderen los cambios bruscos de acidez.

i) Incrementa las defensas orgánicas del suelo y de las raíces de las plantas neutralizando bacterias y hongos que puedan llegar a causarles daños.

Según Ramos Zavala (21), la lombricompost tiene otras características.

a) Los efectos de la composta se manifiestan entre los 25 a los 45 días de su aplicación y con efectos duraderos.

b) La recogida del humus puede hacerse cada seis o doce meses, se presenta como mantillo oscuro, ligero suave y poroso, se disgrega muy fácilmente.

El cuadro 1. Son datos tomados de los distintos análisis fisicoquímicos efectuados a diferentes muestras de humus(20).

Cuadro 1. Contenido del humus de lombriz.

PH	6.5 – 7
TEXTURA	FRANCA ARENOSA
C. I. C.	52.5%
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	5.4
HUMEDAD MÁXIMA	14 %
MATERIA ORGANICA	12 a 20 %
NITRÓGENO TOTAL	1.5 a 2.5 %
FÓSFORO TOTAL	1.075 p.p.m.
POTASIO TOTAL	6.28 meq. /100 g.
CALCIO	25.01 meq. /100 g.
HIERRO	146.64 p.p.m.
ZINC	39.68 p.p.m.
MAGNESIO	21.35 meq. /100 g
MANGANESO	74.96 p.p.m.
BORO	1.28 p.p.m.
COBRE	5.40 p.p.m.

4.1.4 Investigaciones realizadas

4.1.4.1 Utilización de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, Sav.

en el proceso de descomposición de la pulpa de café

El proceso de descomposición de la pulpa de café se ha realizado tradicionalmente en nuestro medio, empleando un sistema de fermentación en fosas. Se desarrolla básicamente en forma anaeróbica y puede tardar varios meses, dependiendo de la humedad y la temperatura bajo las cuales se desarrolle. Para acelerarlo, se acostumbra practicar volteos a la masa de pulpa.

El punto final se ha determinado en forma subjetiva, de acuerdo con la apariencia física que representa el material. El cultivo de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* Sav. representa una alternativa para descomponer la pulpa de café, acelerando este proceso, e impidiendo que se convierta en fuente de contaminación. Para comparar cinco sistemas de descomposición de la pulpa (fermentación en pilas, volteos cada 15 y cada 30 días, utilización de lombriz roja 5 kg/m. cúbicos y 10 kg/m. cúbicos), se empleó un diseño de bloques al azar, empleando cuatro repeticiones por tratamiento. Se construyeron veinte literas en guadua, con capacidad de 1m. cúbico de pulpa fresca cada una y el área se cubrió con un plástico, para evitar la lluvia directa sobre las literas. Se realizó la siembra de las lombrices en pulpa de café descompuesta (100kg/litera), después se depositó la pulpa fresca en todas las literas (425 kg/litera), y se cubrió la pulpa con pasto para conservar la humedad. Se estimó que cada proceso había concluido cuando la pulpa presentaba una apariencia como de tierra, en cuanto a su olor, color, textura y estructura característicos. El efecto de tratamientos se evaluó al final del proceso, con las siguientes variables. Tiempo de descomposición de pulpa, en días y composición química del material final. No se presentaron diferencias significativas, al nivel del 5%, entre los tratamientos con diferente densidad de lombrices (10kg y 5kg), en ninguna de las variables estudiadas, pero si se presentaron diferencias entre estos y el tratamiento con volteos a la pulpa

cada 15 días, en las variables: Tiempo de descomposición (67.5, 71.5 y 110 días, respectivamente), porcentaje de conversión de la pulpa en humus (65.1, 62.9 y 50.4) contenidos de Fósforo (0.27, 0.25 y 0.21 %), Potasio (2.14, 1.74 y 3.78 %) y Magnesio(0.37, 0.40 y 0.30%). Transcurridos cuatro meses, los tratamientos de fermentación en pilas y de volteos cada 30 días presentaban muy bajos niveles de descomposición y por lo tanto se realizó una estimación del tiempo probable de finalización del proceso. La acción de la lombriz roja californiana acelera el proceso de descomposición de la pulpa de café, lográndose mayores porcentajes de conversión y obteniéndose un material con mejor estructura física que puede utilizarse como acondicionador de suelo (6).

4.1.4.2 La Pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos para café

Con el uso de la Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida* Sav. en la transformación de la pulpa de café se acelera la descomposición y se puede conseguir que este problema se reduzca. Además el producto final de este proceso es el humus, el cual supera la calidad del abono orgánico obtenido mediante el proceso tradicional de descomposición de la pulpa de café, porque se enriquece en sus características físicas, químicas y bioquímicas. Con la finalidad de estimar las proporciones de humus que deben ser agregadas al suelo, para construir los almácigos de café, se realizó un experimento en CENICAFE, que consistió en comparar el crecimiento de plantas de café en almácigos, a los cuales se les aplicaron diferentes cantidades de humus. Se utilizaron bolsas de polietileno de color negro de 17cm. por 23 cm. (tamaño recomendado por CENICAFE). Se uso un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones. La parcela estuvo constituida por cincuenta plantas las cuales veinticuatro fueron efectivas. Se midió el crecimiento y se tomo el peso seco total (parte aérea y raíces) de las plantas, a los seis meses de edad. Los resultados muestran que cuando la mezcla de humus y

suelo para el llenado de las bolsas se hace en la proporción de 25% de humus más 75 % de suelo en volumen, el peso seco de la parte aérea, el peso seco de las raíces y la altura de las plantas presentan sus mayores valores (24).

4.1.4.3 La lombriz de tierra como alternativa en la transformación de la pulpa de café

Debido a los elevados niveles de contaminación en la zona cafetera, por el mal aprovechamiento de la pulpa de café se investigó ésta como alimento para la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* Sav., con el fin de ser transformada en más corto tiempo que si se dejara descomponer sola en las fosas y producir así un material final de mejor calidad que el tradicionalmente obtenido. Los objetivos que se evaluaron fueron: la cantidad de biomasa que se produjo en el tiempo de transformación de la pulpa y la calidad del material que resulta después de haber sido transformado por la lombriz en cada uno de los tratamientos. Se plantearon para tales fines siete tratamientos con tres replicaciones cada uno. Se utilizaron pulpas de café de 35 días y 55 días de despulpadas y se hicieron diferentes mezclas con boniga fresca y porquinaza seca, quedando distribuidos los siete tratamientos de la siguiente forma: T1: pulpa de 35 días, más lombrices, T2: pulpa de 35 días, más 25% de boniga, más lombrices, T3: pulpa de 35 días, más 25% de porquinaza, más lombrices, T4: pulpa de 55 días, más lombrices, T5: pulpa de 55 días, más 25% de boniga, más lombrices, T6: pulpa de 55 días, más 25% de porquinaza más lombrices, T7: Testigo: (compuesto por estiércol fermentadas aproximadamente 5 meses), más lombrices. En los resultados se encontró que la pulpa de café, utilizada en la forma como se plantearon los tratamientos, no tuvo efectos nocivos sobre la producción de biomasa, aunque si se encontraron algunas variaciones en los tratamientos. Los tratamientos con 25 % de boniga y pulpa fueron los que mejor se comportaron a nivel de reproducción de la lombriz. En cuanto al comportamiento del material que transformó la lombriz, se observó una disminución en el porcentaje de materia orgánica, estabilización del pH, aumento en los niveles

de Ca. y Mg., disminución de P y K y uniformidad en la estructura del material final. Se llegó a las siguientes conclusiones: Se logro transformar 720 Kg. de sustrato en 67 días con 7.2 Kg. de lombrices, con un incremento en el peso de biomasa del 86% con respecto al inicial. La composición bromatológica de la harina de lombriz, no se afecta cuando la lombriz es alimentada con pulpa de café. En el material transformado el pH tiende a neutralizarse favoreciendo el alto contenido de nutrientes.

El presente trabajo se realizó en el municipio de Venecia, en la granja "El Rosario", propiedad de la Federación Nacional de Cafeteros, durante los meses de abril y Junio de 1990 (2).

4.1.4.4 Producción y calidad de abono producido por medio de *Eisenia foetida* Sav.

su capacidad reproductiva en tres densidades y seis sustratos

Con el propósito de determinar la calidad y conversión del abono producido en diferentes sustratos por la Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida* Sav. así como su capacidad reproductiva, de Mayo a Agosto de 1996, se estableció un estudio en el Centro de Investigación y Capacitación "Ing. Carlos Alberto Bonilla", ubicado en Campamento, Olancho, Honduras a 700 msnm. El diseño experimental fue de bloques al azar con un arreglo factorial de 6 exponente 3 en cuatro repeticiones. Se evaluaron 6 sustratos: vacaza, gallinaza, porquinaza, pulpa de café, pseudotallo de musas y hojarasca de cafetal. La población de *Eisenia foetida* Sav. fue de 250, 350 y 450 lombrices por metro cúbico que se adecuo a parcelas de veinte litros del material precompostado. A los 90 días después de la inoculación se evaluó: número de individuos, porcentaje de descomposición, conversión y calidad del bioabono. No se encontraron diferencias significativas, ($\alpha = 0.05$) para densidades ni interacciones, pero si para sustratos. Duncan ($\alpha = 0.05$) detecto que la vacaza es el mejor sustrato para la reproducción de lombrices con un promedio de 17.741 individuos por metro

cúbico y una relación 50:1. La pulpa de café, la vacaza y la porquinaza alcanzan más del 90% de descomposición con un rendimiento de 485, 571 y 638 Kg. de bioabono por cada metro cúbico respectivamente. El análisis químico confirma a la alta calidad nutricional del abono producido; la pulpa de café y la vacaza presentan entre 7.13 y 7.07 unidades de pH; Materia Orgánica de 6.6 y 7.4 %; fósforo 79 y 1,154 mg./Kg.; Potasio 4.87 y 2.36 cmol+L-1; Calcio 21.5 y 16 cmol+L-1; Magnesio. 9.45 y 14.14 cmol+L-1 respectivamente. Se recomienda inocular 250 lombrices por metro cúbicos en vacaza y pulpa de café para la reproducción de las lombrices como también para la obtención rápida del bioabono (23).

4.1.5 El humus de lombriz en horticultura y floricultura

Según Rosmini citado por Compagnoni (5), la presencia de la materia orgánica es fundamental en todos los suelos cultivados, pero sobre todo en el caso de los cultivos hortícola y en floricultura (viveros de plantas de jardín y de interior).

Un suelo con buenas reservas de humus es un laboratorio activo en el que se desarrollan los procesos de disgregación y de transformación de las partículas originarias, es decir, provenientes de la roca madre, de la cual se ha formado el terreno. La actividad orgánica suministra, efectivamente, sustancias como anhídrido carbónico, ácido nítrico, ácido sulfúrico y otros componentes, que provocan diversas reacciones químicas, las cuales transforman el terreno en una inagotable fuente de elementos fertilizantes para el cultivo de las plantas.

Las deyecciones de los animales terrestres proporcionan un humus enormemente activo, que permite mejorar los substratos del suelo. Por esta razón, en los establecimientos hortícola, y en los dedicados a la floricultura, se obtienen notables ventajas, físicas, químicas y microbiológicas, enriqueciendo con mantillo de lombriz, en proporciones variables según las especies, los substratos normalmente utilizados.

En los cultivos de invernadero, y en las camas de trasplante, que son espacios generalmente limitados, en los cuales es preciso obtener producciones elevadas y escogidas, para ponerlas a la venta antes o después del producto que se obtiene en pleno campo (primicias y tardías), el empleo de humus de lombriz, a pesar de que su precio suele ser generalmente elevado, es no obstante aconsejable, puesto que el relativo incremento que puede originar en los costes alcanza escasa importancia, si lo comparamos con los gastos de instalación y mantenimiento de estas explotaciones, y con el precio de la energía necesaria para conseguir las temperaturas adecuadas.

Pese a lo cual, en caso de producirse un consumo más generalizado, sería necesario reconsiderar los precios del compuesto en relación con los costes de producción, lo que, con un buen planteamiento de los viveros, no tendría que ser imposible, especialmente la obtención de humus de lombriz pudiera efectuarse en establecimientos agropecuarios, con buenas cuerdas de ganado.

A) Algunos aspectos relativos a la experimentación efectuada con plantas ornamentales y hortalizas

Con distintos tipos de humus de lombriz, que la Sección de Lumbricultura de la Asociación Provincial de Como ha puesto a disposición del Centro de Investigaciones de la Escuela de Horticultura, Floricultura y Fruticultura de Minoprio, se ha llevado a cabo una serie de experimentos, financiados por la Regiduría Agrícola de la Región de Lombardía, sobre plantas de flor y plantas horticola. Previamente a esta experimentación se habían efectuado diversas pruebas preliminares empleando mantillo o humus de lombriz en cultivos de geranios, adicionado en proporción del 12.5% a un substrato especial para floricultura, sin otros complementos de abonado integral. Es decir, el compuesto de lombriz, en estos experimentos,

siguiendo las indicaciones del vermicultor, se ha utilizado como un fertilizante completo, teniendo en cuenta la aportación de nitrógeno, anhídrido fosfórico y óxido de potasio.

Se ha podido observar, en dichas condiciones, que el humus no ha llegado a determinar un buen desarrollo de las plantas, el cual a sido posible, en cambio, en un sustrato común abonado con complejos ternarios de cesión gradual (Nitrophoska 15-9-15, Triabon 16-10-10, Osmocote 15-12-15), y también en sustratos universales preparados industrialmente, (TKS 2, Brill 1, California, etc.

Así pues, no se puede deducir que el compuesto de lombriz, en el caso del geranio, pueda aportar por sí solo sustancias fertilizantes en cantidades suficientes cuando las plantas en rápido crecimiento requieren un volumen importante de nutrientes.

Después de estos resultados iniciales, se ha intentado poner de relieve las cualidades de los mantillos añadiendo abonos convencionales, que se han administrado a distintas dosis.

El primer ensayo se ha repetido con el geranio, comparando con plantas abonadas con estiércol empleado en igual cantidad que el humus de lombriz.

Cotejando los resultados, se ha podido constatar una pequeña ventaja a favor de algunos compuestos. Se han utilizado tres tipos distintos, dos de los cuales se habían obtenido a partir de un material homogéneo (estiércol de bovinos y estiércol de conejos), y un tercero para el que se habían utilizado diversos materiales de desecho, además de estiércoles de distinta clase.

No se ha observado diferencia alguna en los resultados, entre el humus obtenido de estiércol bovino y el estiércol bovino mismo, mientras que los otros dos vermicompuestos han producido, en algunos casos, más desarrollo en altura, mayor número de ramas y una pigmentación más intensa de las hojas, factores que han servido para acentuar el valor decorativo de las plantas.

De todas maneras, el geranio es una especie que no logra sacar todo el provecho posible al humus de lombriz al menos, comparando con otras plantas, puesto que se ha observado, en

ensayos posteriores una diferencia más que notable a favor de las plantas tratadas con este producto.

También en las pruebas realizadas con lirios los resultados han sido relativamente modestos. No obstante, se ha podido constatar un mayor estímulo en la floración en uno de los dos cultivos tratados.

En cambio, se ha conseguido un efecto positivo de cierta importancia con las rosas enanas (Meillandina), cultivadas en invernadero, en macetas, con un abonado reducido al 50% con respecto al normal. Considerando las características más importantes de las plantas, desarrollo del tallo y de las ramificaciones, número de hojas, y sobre todo, cantidad de flores, con una dosis relativamente pequeña de vermicompuesto (5%) se han obtenido resultados que de otro modo sólo se pueden conseguir con riegos fertilizantes muy frecuentes. Habiéndose suprimido éstos, los mantillos industriales también han producido resultados mediocres, que en ningún caso han sido superiores al testigo, o sea, al cultivo abonado normalmente, que ha servido de patrón.

Se ha llegado a la conclusión de que las aportaciones del humus de lombriz provocan la liberación gradual de los fertilizantes, limitan las pérdidas por lixiviación, favorecen la absorción paulatina, según las exigencias de las plantas, a lo largo de todo el período de cultivo (tres meses) y, además, contribuyen a mejorar la mezcla de nutrientes desde el punto de vista físico. Estos experimentos se han llevado a cabo durante los meses invernales. Con las mismas rosas, en el período primaveral, añadiendo al sustrato el 20% del humus de lombriz, se ha podido tener una confirmación posterior, obteniendo plantas bien formadas, intensamente pigmentadas y de desarrollo más rápido, en comparación con otras muestras, abonadas con estiércol y abonos químicos de cesión lenta. Por lo tanto, para rosas del tipo indicado, cultivadas en invernadero, podemos aconsejar perfectamente el mantillo o compuesto de lombriz.

También se han obtenido resultados muy halagüeños con plantas horticola (tomate, apio, albahaca), mantenidas en cultivos protegidos hasta el trasplante.

En estas condiciones, basta un corto período de tiempo, de 30 a 40 días, después de trasplantar del semillero, para obtener plantas bien desarrolladas en los contenedores (multipost), aptas para la venta.

Con los compuestos de lombriz se ha conseguido un crecimiento muy rápido, que, acortando notablemente el tiempo de cultivo en los invernaderos con calefacción, ha proporcionado importantes ventajas desde el punto de vista económico, teniendo en cuenta la incidencia de los combustibles sobre el coste total.

Para llegar a estas conclusiones se ha observado el desarrollo de las plantas en relación con la altura alcanzada, así como el número y tamaño de las hojas, registrando los resultados cuando los cultivos abonados con humus de lombriz presentaban las condiciones requeridas para la venta.

En los ensayos efectuados con el tomate, las plantas se han desarrollado en muchos casos hasta dos veces más altas que el patrón, y también, en algún caso, que otras muestras obtenidas en substratos enriquecidos con mantillos industriales, utilizados en la misma proporción que el compuesto de gusanos (20%).

Igualmente se ha registrado una diferencia notable en cuanto al número de hojas, pero solamente con respecto al cultivo patrón. En lo que respecta a su longitud, tanto en los mantillos obtenidos en lechos de estiércol vacuno como en lechos de estiércol de conejo, ha sido hasta más de tres veces mayor.

Con la albahaca, los resultados más satisfactorios se han obtenido empleando compuestos mixtos; se ha doblado la altura de las plantas y la longitud del limbo foliar. También se ha incrementado el número de hojas, aunque en proporción inferior a los aumentos que se han

producido en altura y longitud. El apio, considerando el desarrollo medio alcanzado con substratos abonados con humus de lombriz, comparado con el cultivo de control (testigo), ha doblado también la longitud de las hojas. En este caso, se ha verificado un efecto análogo al producido por el matillo universal, o sea, válido para cualquier tipo de cultivos (Brill 1). También el número de hojas ha aumentado sensiblemente.

Con objeto de extender los ensayos a especies de ciclo relativamente largo, se han efectuado pruebas con plantas ornamentales de interior, como el *Ficus elastica*, *Aralia siboldii* y el *Philodendron pertusum*. Sin embargo, hay que llegar a la conclusión de que los resultados más notorios se suelen producir con plantas que requieren un estímulo inicial importante como las especies hortícola de trasplante.

El empleo de compuestos de lombriz ha sido estudiado también por el Doctor Orsini (en 1983), con ocasión de la primera Convención Nacional sobre el cultivo de lombrices.

Según este autor, los ensayos efectuados con distintos compuestos, de estiércol y de residuos urbanos sólidos, de desechos orgánicos industriales y de barros de las estaciones depuradoras, han proporcionado casi siempre resultados muy similares, por lo que sería importantísimo extender el campo de experiencias, todas ellas altamente positivas con respecto a los testigos no tratados con humus, a otras especies, además de las que se ha ensayado la sociedad SCAN-Agroquímica Cooperativa de Módena, que ha instituido las pruebas.

Dichas pruebas se han efectuado con melón y sandía, en invernadero frío, lográndose notables incrementos de la producción.

Con plantas de tomate, pimiento y berenjena, cultivadas en vasitos, con turba enriquecida con mantillo de lombriz o integral, se ha conseguido siempre un desarrollo mayor a favor del tratamiento.

En otra investigación, realizada con la *Poinsettia*, utilizando el 20% de humus de lombriz, se ha podido constatar una notable influencia sobre la altura, el número de hojas y el número de inflorescencias.

Por todo lo cual, en espera de que los ensayos actualmente en curso, y los que todavía queda por efectuar, permitan definir mejor la influencia de los vermicompuestos, y establecer las dosis de abonado más apropiadas, a fin de poder conseguir el mejor efecto posible sobre el desarrollo de las distintas especies, las pruebas que brevemente hemos referido proporcionan ya una pequeña orientación, tanto en el sector de los floricultores, en los viveros de especies ornamentales, como en el campo de la horticultura, con objeto de poder usar de inmediato estos materiales.

B) Algunas precisiones y consejos para el uso de compuestos de lombriz

Los compuestos de lombriz presentan aspectos muy distintos de los demás mantillos que se encuentran en el comercio, y cuando se les emplea sin integrar otros fertilizantes, a la proporción que se utilizan normalmente (10-20%), no pueden sustituir por completo el abonado normal, aunque permiten limitarlo. Por otra parte, emplearlos a dosis más elevadas ya no resultaría rentable.

Son substratos enriquecidos que con el tiempo podrán hallar su campo de aplicaciones específicas entre los mantillos que se emplean normalmente, al menos, para aquellos cultivos, como los que se desarrollan en invernadero, en los que se trata de obtener el máximo rendimiento en breve tiempo.

En las mezclas proporcionan una aportación muy interesante, completando las propiedades de la materia orgánica y enriqueciéndola con la presencia de elementos fertilizantes indispensables en trazas (microelementos), inmediatamente utilizables por las plantas.

La función que desempeñan es muy importante: limitar la pérdida de compuestos nitrogenados y de otros principios fácilmente dispensables por lixiviación, permitiendo un flujo constante de sustancias necesarias para el crecimiento, que constituye una reserva de fertilidad a disposición permanente de las plantas.

Los mantillos de lombriz son de color oscuro, y su olor es agradable. Están constituidos por finas partículas, sin grumos, como los mejores mantillos universales, con los cuales se pueden mezclar perfectamente.

Utilizados para formar el substrato de cultivo, teniendo en cuenta que no se puede pedir lo imposible a ningún fertilizante, en todas las pruebas efectuadas han dado resultados positivos. No obstante, hay que seguir abonando, aunque, como se ha dicho, se pueden reducir las cantidades. Son fácilmente manipulables, y no presentan problemas de fitotoxicidad, por lo que pueden ser utilizados por personas inexpertas, en el caso de plantas de interior, que se cultivan en casa.

Esto último se debe a que la salinidad total encaja, al menos en los compuestos obtenidos con estiércol y desechos agrícolas, según los análisis que hemos efectuado personalmente, dentro de los límites admisibles para la soportabilidad de las plantas, aunque el material se encuentre próximo a éstas e incluso en contacto con las raíces. A pesar de ello, los valores que expresan el contenido en nitrógeno, anhídrido fosfórico y óxido de potasio alcanzan cierto relieve.

Su influencia sobre el pH de los substratos de cultivo, con los cuales se mezclan, es más bien escasa (los mantillos obtenidos en lechos de estiércol de conejo y de bovinos presentan un pH con valores ligeramente superiores a 6).

Comparando con los efectos del estiércol en los cultivos, el resultado sobre el desarrollo de las plantas ha sido casi siempre positivo para los mantillos de lombriz, nunca negativo. Su empleo es ventajoso, teniendo en cuenta la facilidad de aplicación y la rapidez del efecto, con

respecto a los abonos orgánicos malolientes, que requieren una transformación, la cual, en cambio, ya se ha realizado en los compuestos de lombriz.

A pesar de que se va extendiendo su uso, la utilización de estos productos sigue siendo muy limitada, en parte debido a una mala publicidad, que no facilita indicaciones precisas y completas para su empleo (5).

4.1.6 Humus

Es el nombre con el que se designa a la capa superior del suelo, que es muy rica en materia orgánica descompuesta y microorganismos. Para que el suelo sea fértil debe tener humus.

Para lograr la economía del tiempo y optimización de la producción, estudiosos de todo el mundo han analizado las posibilidades para la producción de esta sustancia de manera acelerada con la ayuda de la tecnología de la lombricompostaje (5).

El humus es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco.

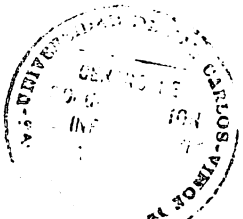
4.1.7 Parámetros biológicos de la fertilidad del suelo.

Los parámetros biológicos de la fertilidad del suelo, que se determinan en relación con la productividad agrícola y la calidad de los productos, son básicamente cuatro

- a. El contenido de la materia orgánica.
- b. El contenido en ácidos húmicos.
- c. La microflora y
- d. Los abonos.

Todos los investigadores aceptan la valoración del grado de fertilidad de un suelo establecida por la FAO, que se basa en el contenido de materia orgánica.

El cuadro 2. Se presentan los criterios de la FAO,

Cuadro 2. Criterios de la FAO para clasificación de los suelos


	CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA	CARACTERÍSTICA
Terrenos con bajo contenido.	Inferior al 2%	casi estériles
Terrenos con contenido medio.	2 a 6 %	fertilidad normal
Terrenos con elevado contenido.	7 a 30%	fertilidad elevada.
Terrenos con excesivo contenido.	más de 30%	fertilidad no controlable.

4.1.7.1 Contenido en materia orgánica

Partiendo de la dotación normal, que corresponde a un contenido en materia orgánica del orden del 5%, podemos efectuar las siguientes deducciones:

- a) -5% en una hectárea equivale a casi 5,000 quintales de materia orgánica;
- b) -En el cuadro 3. Se calcula la producción agrícola media de una hectárea, limitada a algunos cultivos estacionales (trigo, maíz, tomate), se puede deducir la extracción media de materia orgánica del terreno.

Para ejemplificar se presenta el calculo para un cultivo por año natural.

Cuadro 3. Producción agrícola media de una hectárea

Cultivo	Extracción Producto Útil (q.m.)	Extracción Planta	Extracción total menos humedad
Trigo	40	40	60
Maíz	80	80	90
Tomate	800	300	300

Considerando el ejemplo del maíz, cuyo cultivo dura 5-6 meses; la extracción de materia orgánica en este caso es de 130 q.m. por hectárea y año (más exactamente, por temporada; en realidad, una hectárea puede producir 1.5 cultivos por año, lo que supone del orden de 200 quintales por año por hectárea).

Refiriendo el cálculo, para esquematizar, a un monocultivo, en 10 años se ha producido una extracción de 1,300 quintales; en 20 años = 2,600 quintales; en 30 años = 3,900 quintales; en 40 años = 5,200 quintales.

De donde se deduce que, al cabo de 30 - 40 años, el suelo puede haber perdido completamente su fertilidad. Para el cultivo de maíz no es exactamente así, ya que hay que tener en cuenta las correcciones y las alternativas, pero en el caso de los monocultivos típicos (por ejemplo, el arroz) el cálculo teórico que hemos esbozado arroja unos datos verdaderamente alarmantes.

En la agricultura intensiva de muchos países europeos y de algunas zonas de Norteamérica esta situación es objeto de graves preocupaciones; el incremento productivo de los cultivos desciende sensiblemente, a pesar de que se intensifica el abono químico.

Es importante señalar la función que cumple la materia orgánica en relación con la fertilidad del suelo.

En este sentido, una de las primeras acciones que la materia orgánica desarrolla es su efecto "*Corrector*" del suelo, al hacer más suelta y homogénea la capa arable y por consiguiente más apropiada para las prácticas agrarias. Además de ello, se mezcla con las fracciones minerales del terreno incorporándolas a los llamados "*coloide húmicos*", en los cuales tienen lugar las funciones de intercambio de los nutrientes minerales, que hacen posible la nutrición de los vegetales en condiciones óptimas de humedad y pH.

El suelo es un complejo laboratorio bioquímico en el que simultáneamente tiene lugar innumerables reacciones químicas, las cuales movilizan la materia sobre la línea de confin que separa el mundo de lo inerte y el mundo de los seres vivos. Toda reacción sigue su proceso individual, tan individual que a veces incluso entra en contraste con otras reacciones concomitantes. Parece como si el sistema estuviese dominado por una casualidad desordenada.

Muy al contrario, todo tiene lugar dentro de un sistema rígidamente formalizado y caracterizado por un denominador común: organización (de "orgánico") y mineralización. Pero estas dos esferas no son equivalentes, por cuanto la organización prevalece siempre sobre la mineralización, tanto cuantitativa como energéticamente.

En este juego alternativo intervienen relativamente pocos elementos químicos: únicamente los llamados "elementos biófilos": oxígeno, hidrógeno, carbono, nitrógeno, fósforo, etc., cuyo número apenas supera las dos decenas sobre un total de casi 100 elementos existentes en la naturaleza.

Estos elementos biófilos entran a formar parte de la biomasa de los seres vivos. Cuando se encuentran en estado mineral representan los nutrientes de los organismos minerales de metabolismo autótrofo; sucesivamente, constituyen los nutrientes orgánicos de los animales de metabolismo heterótrofo. El conjunto de organismos vivos que interactúan sobre un común

pábulo nutritivo y en un mismo ambiente conservando siempre su individualidad se denomina "biocenosis".

Un primer estadio biocenótico conduce a la formación del primitivo estrato de humus y a una inicial colonización micróbiana del terreno. Una vez formado este primer esbozo de humus se suceden otros ciclos vegetativos de plantas herbáceas, con un progresivo enriquecimiento de nuevos géneros que se caracterizan todos ellos por tener un ciclo vegetativo corto. Al llegar a un cierto punto aparecen las leguminosas herbáceas, ----como tréboles, vezas, etc.---, que se caracterizan por tener tres aspectos peculiares: intenso metabolismo azoado, con función nitrogenada y nitro fijadora, desarrollo vertical profundo del aparato radical, simbiosis bacterianas.

Con la fijación del nitrógeno que captan de la atmósfera enriquecen el suelo; con el aparato radical profundo ---que en algunos géneros puede penetrar varios metros en el terreno. Aseguran el transporte de agua procedente de las capas subterráneas; esta agua, que proviene de una zona de contacto con la roca madre, es rica en sales minerales y con ella se vinculan oligoelementos obtenidos a través de los pelos radicales. Las simbiosis bacterianas favorecen el desarrollo de la microflora anaerobia, con una gran densidad de nitro fijadores asimbióticos.

El enriquecimiento en nitrógeno, sales minerales y microflora capacita la materia húmica para una función nutritiva más amplia y diversificada; de esta manera es posible ampliar las condiciones favorables de hábitat para otros muchos géneros de especies vegetales.

Durante las distintas fases del proceso de humificación es posible, mediante diversos métodos analíticos, apreciar la presencia de algunos enzimas típicos de la acción zimógena de la microflora. Midiendo la concentración de estos enzimas es posible tener una idea completa y bastante exacta del grado de colonización microbiana y de su actividad fermentativa. Los valores de concentración sirven, pues, como indicios de la fertilidad del suelo.

Los principales enzimas que se evalúan con esta finalidad son: catalasas, deshidrogenasas, invertasas, ureasas y fosfatasas. Dejando a un lado la consideración analítica de estos enzimas, únicamente subrayaremos un aspecto que constituye un denominador común a todos ellos: la directa relación con una actividad microbiana anaeróbica que se observa en todos los casos (5).

En la figura 1. Se resume todo lo anterior sobre el proceso de humificación.

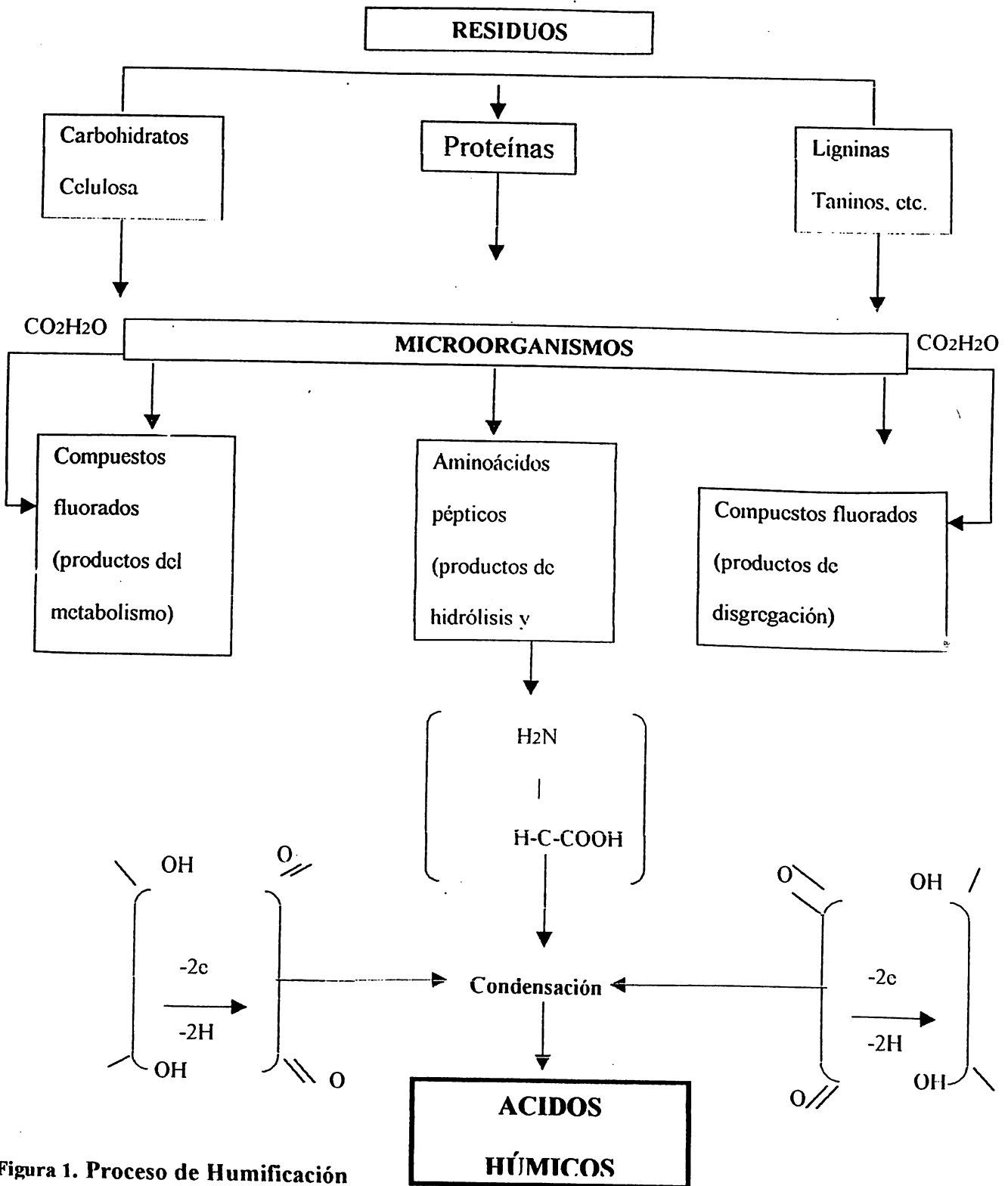


Figura 1. Proceso de Humificación

4.1.7.2 El contenido en ácidos húmicos

El humus tiene una estructura extremadamente homogénea, tanto en el aspecto químico como en el biológico. A causa de esta complejidad estructural, cuando se quiere estudiar su naturaleza se tropieza con una serie de dificultades de tipo metodológico.

No obstante, recogiendo los resultados de los trabajos efectuados por distintos investigadores en todo el mundo, podemos presentar un cuadro actualizado de los avances que se han conseguido, fijar una nomenclatura y establecer una terminología exacta.

Los autores que más han profundizado en la materia son: Orlov L. L., Flaig W. y Aleksandrova L. N.

Orlov, citado por Compagnoni (5), unificando métodos y terminología de los citados autores, ofrece el siguiente esquema, que hasta la fecha sigue siendo el más exhaustivo.

El suelo agrario se puede subdividir en:

- a) fracción inorgánica.
- b) fracción orgánica.
- c) edafón (conjunto de organismos vivos).

La fracción orgánica y el edafón sólo se diferencian metodológicamente, pero en realidad forman un conjunto unitario, y ello es debido, tanto a que el edafón desarrolla una continua interacción metabólica con las sustancias orgánicas como a que él mismo está, a su vez, compuesto de sustancia orgánica viva.

De todas maneras, el conjunto edafón + sustancia orgánica es lo que comúnmente se denomina "*humus*".

El humus, desde el punto de vista estructural, se subdivide en:

- a) sustancias húmicas específicas;

substancias húmicas intermedias del proceso de-humificación, las cuales, con el tiempo, pasarán a convertirse en substancias húmicas específicas;

complejos heterogéneos de substancias todavía no identificables con los métodos analíticos.

Las substancias húmicas específicas se subdividen en:

- i) ácidos prohúmicos;
- ii) ácidos húmicos;
- iii) humina.

El término “*humina*” y su contenido conceptual presentan aspectos todavía sin precisar. Se prefiere, sin embargo, mantener la denominación a fin de dar cierta individualidad a aquel grupo de substancias que no son ni ácidos prohúmicos ni ácidos húmicos; o sea, para identificar aquella fracción difícilmente hidrolizable en el proceso de separación de los ácidos húmicos.

b) Los ácidos húmicos constituyen el aspecto estructural y fisiológico más significativo del humus, y se subdivide en:

- i) ácidos humínicos;
- ii) ácidos fúlvicos.

La diferencia entre ambos no es de heterogeneidad estructural sino de sucesión temporal en el proceso de formación y en el distinto grado de polimerización.

c) Los ácidos humínicos se subdividen en:

- i) ácidos humínicos negros;
- ii) ácidos humínicos pardos;
- iii) ácidos humínicos imatomelamínicos.

Los ácidos húmicos pueden considerarse como el producto final del proceso de humificación. Hay que subrayar, no obstante, que en la actividad funcional del humus entran en juego todos los componentes incluidos en los puntos 4 y 5; por lo tanto, se justifica perfectamente el término “*ácidos húmicos*” empleado para englobarlos.

Así, pues, los ácidos húmicos son el conjunto de sustancias que se encuentran en fase de transformación bioenzimática, cuyo proceso se ha originado a partir de polímeros biológicos muy complejos estructuralmente y muy ricos en energía acumulable. Formulando una explicación comparativa, podemos decir que los ácidos húmicos son los productos intermedios obtenidos del fraccionamiento de un combustible complejo sometido a un cracking: el combustible crudo difícilmente puede ser utilizado con fines energéticos, pero sus fracciones hacen girar los motores. “*Los residuos orgánicos del suelo y el humus se presentan como un depósito de energía cuyas reservas se renuevan ininterrumpidamente, y de ellas se sirven constantemente los organismos, con sorprendentes resultados.*” (Nauka, 1973, citado por Compagnoni, 5).

4.1.7.3 Colonización microbiana del suelo

El censo microbiano posiblemente más reciente, efectuado sobre distintos tipos pedológicos de terreno, es el que ha elaborado el Instituto de Investigación Científica de Microbiología Agraria de Leningrado (1977), que reproducimos en el cuadro 4.

Cuadro 4. Colonización microbiana del suelo

Indicios	Podzol. Herbáceo	Cernozem
Humus en %	4.2	4.3
pH (salino)	6.0	7.6
Nitrógeno total en %	0.25	0.28
Nitrógeno hidrolizable en mg/100 g.	9.2	7.8
Densidad microbiana en 1 g de terreno:		
- bacterias	17.600.000	11.200.000
- hongos saprofitos	25.300.	28.500.
- actinomicetos	418.000.	883.000.
- oligonitrofilos	4.600.000	10.600.000
- azotobacter Beijerinckii		354
- Clostridium pasteurianum	61.600	496.000
- algas unicelulares	150.000	200.000
Totales	22.855.100	23.407.964

En 1 gramo de suelo, con mediciones periódicas referidas al ciclo vegetativo comprendido entre mayo y septiembre, se han detectado los siguientes cuantitativos numéricos de organismos:

- a- mayo: 31.078 billones de células;
- b- julio: 834.000 millones de células;
- c- septiembre: 1.95 billones de células.

El máximo de la producción microbiana coincide con el inicio del ciclo vegetativo; decae en cuatro ocasiones, correspondiendo aproximadamente con las etapas productivas de los cultivos: floración, reproducción y fructificación; se incrementa de nuevo en otoño, cuando el suelo se enriquece con la materia orgánica procedente de la defoliación estacional de las plantas.

Es decir, el momento de máxima población microbiana corresponde al de máxima dotación de substancia orgánica del terreno; después decrece enormemente a medida que esta substancia orgánica va siendo utilizada, es decir, mineralizada; inmediatamente vuelve a recuperarse, tan pronto como se aporta substancia orgánica nueva. Lo cual es perfectamente lógico porque la substancia orgánica es el medio ideal para la vitalidad de la microflora.

El hecho de que junto a una biomasa viviente, exista también una biomasa desvitalizada es un fenómeno posterior de finalidad que caracteriza la microbiocenosis: si todos los microorganismos estuvieran destinados a sobrevivir, llegarían a formar en poco tiempo una masa tan grande que todo quedaría transformado en biomasa y no sería posible la existencia de los vegetales.

En cualquier caso, la actividad bioquímica del suelo se caracteriza tanto por la masa microbiana viva como por los enzimas ectoplasmáticos procedentes de desechos bacterianos.

Ante esta evidencia, la moderna bioquímica del suelo, en las aproximaciones diagnósticas a la vitalidad del terreno, se orienta más hacia una medición analítica de la concentración enzimática que hacia el recuento del número de microorganismos.

Está claro que el número de enzimas del suelo es elevadísimo, y resulta imposible analizar cualquiera de ellos, ni siquiera por separado. En los últimos años se ha logrado concentrar las investigaciones y la metódica analítica sobre un grupo determinado; justamente sobre aquellos enzimas que son más característicos como indicios de la vitalidad y la fertilidad del suelo. Estos enzimas son los siguientes:

a) Nitrogenasas: es un grupo enzimático que preside los procesos de fijación simbiótica como asimbiótica. Constituye uno de los más importantes indicios diagnósticos de la vitalidad del suelo.

- b) Fosfatasas: es el grupo enzimático que actúa en todos los procesos ATP-dependientes, ya sea a nivel exógeno, en los procesos de degradación de los carbohidratos poliósicos, ya sea a nivel endógeno, en la fermentación de las monosis y en las síntesis vitales.
- c) Invertasas: intervienen en todos los procesos de transformación de los oligosacáridos en monosacáridos.
- d) Deshidrogenasas: intervienen en los procesos NAD-dependientes catalizando todas las reacciones óxido-reductoras mediante la deshidrogenación de la sustancia orgánica, en especial hidrocarburos, ácidos orgánicos, aminoácidos, alcoholes, grasas, fenoles, etc... Las deshidrogenasas actúan como transportadores de hidrógeno y se subdividen en dos grupos: las deshidrogenasas aerobias, que movilizan el hidrógeno de los substratos orgánicos y los transfieren al oxígeno de la atmósfera con formación de agua, y las deshidrogenasas anaerobias, que transfieren el hidrógeno a otros receptores, o sea a otros enzimas.
- e) Catalasas: presiden los fenómenos de respiración del suelo, catalizando la reacción de escisión del peróxido de hidrógeno, con formación de agua y de oxígeno molecular.
- f) Ureasas: catalizan la reacción de escisión de las carbamidas ---especialmente de la urea ---en amoníaco y anhídrido carbónico.

Además de estos grupos enzimáticos existen otros enzimas, cuyo número es elevadísimo, los cuales desempeñan funciones todavía más específicas. No obstante, siendo de origen biógeno todos los enzimas, es suficiente limitarse a aquellos pocos que resultan más determinantes para diagnosticar la vitalidad de la microflora (5).

4.1.8 Descripción, usos y aplicación del humus de lombriz.

Es un abono 100% natural, es la materia seca obtenida del proceso de digestión de la lombriz, es el estiércol de la lombriz.

Para obtener un compuesto fertilizante se somete el sustrato en el cual se origina el proceso a una serie de transformaciones denominadas “compostaje” o “compostación” mediante agentes microbianos, obteniendo así la maduración del sustrato.

La acción de la lombriz sobre el sustrato (masa orgánica), el cual ha sido sometido previamente a compostaje, es altamente eficiente ya que su tubo digestivo transforma en lombricompost y en biomasa la totalidad de la materia orgánica que ingiere.

Es importante tener en cuenta que para obtener este abono orgánico de características técnicas estandarizadas es necesario emplear en los lechos o camas sustratos conformados por mezclas homogéneas.

El *Lombrihumus* constituye por su composición y características especiales, un auténtico fertilizante biológico y mejorador del suelo, que estimula el crecimiento de las plantas, regula la retención de agua en el suelo y actúa como fitoestimulante por los ácidos húmicos que favorecen el desarrollo del sistema radicular y el crecimiento de los tallos.

En cultivos tradicionales e intensivos, actúa como equilibrador biológico, logrando disminuir paulatinamente la suplementación de fertilizantes químicos minerales y mejorando la calidad de las cosechas.

La aplicación de lombrihumus en los cultivos permite simultáneamente: disminuir la aplicación de químicos minerales, corregir la acidez del suelo, aumentar la productividad, incorporar al suelo tanto materia orgánica como macro y micro elementos, aumentar la resistencia de las plantas a bacterias y hongos patógenos, mejorar la textura del suelo y disminuir los requerimientos de riego.

El lombrihumus es de fácil aplicación, no presenta peligro para los seres vivos, no presenta olores desagradables, su aplicación en exceso no causa contaminación ni deterioro.

Es una excelente alternativa en la recuperación de suelos degradados y erosionados. Su eficacia está comprobada en cultivos de: hortalizas, tubérculos, frutales, flores, granos y cereales, verduras, banano, café, palma, pastos, forrajes y jardines (20).

Según Ramoz (21), no se sabe de alguna técnica especial de aplicación del abono orgánico producido por las lombrices, y debido a que es un abono de características muy similares al producido por el método de composteo tradicional, se recomiendan las mismas técnicas para la aplicación del compost.

Las técnicas que se dan a continuación son aplicables a plantas de café con compost microbiano.

4.1.8.1 Dosis y fechas de aplicación

La cantidad de abono a aplicar a las matas depende de tres factores muy importantes que hay que evaluar de la mejor manera posible.

a) Tipo de suelo

i) Cuando el suelo de la plantación es tierra negra en por lo menos 15 centímetros, tiene suficiente materia orgánica acumulada, hay presencia de microorganismos tales como: lombrices, cavadores, escarabajos, etc. Dosis 2.2 Libras por mata.

Aplicación del abono. Cuando la planta esta en terraza de banco o terreno plano, se coloca el abono en corona limpiando previamente las hojas o basuras orgánica. Después de aplicar el abono, se cubre nuevamente con las hojas.

Si se tiene terraza individual, limpie una cuarta arriba de la planta, coloque el abono y tape.

ii) Cuando el suelo es amarillo, rojizo o café (Barro) o blancuzco (arenoso) y no hay presencia de materia orgánica (humus). Dosis 6.6 libras por planta.

iii) Si el suelo presenta características intermedias entre los dos casos anteriores, aplique 4.4 libras por planta.

b) Estado general de las plantas

Cada productor conoce su terreno mejor que nadie y puede diagnosticar como se encuentra sus plantas, independientemente de los trabajos que hay que practicar al cafetal

i). Las plantas están verdes y con abundante floración o fruto y se ven vigorosas. Dosis 2.2 libras por planta.

ii). Las plantas están verdes, pero presentan signos de decaimiento, algunas hojas están amarillas, tienen machas rojizas o cafés, o no hay suficiente hoja y fruto. Dosis 4.4 libras por planta.

iii). Las plantas florecen y dan fruto escaso, no tienen hojas y se ven pelonas y cansadas. Dosis 6.6 libras por planta.

c) Disponibilidad de materiales

i). El contar con suficiente material para elaborar composta es lo ideal, pero algunas veces hay escasez, entonces aplicaremos lo que hay en las matas que más lo necesitan.

ii). Si hay suficiente material aunque nuestro suelo sea bueno se puede aplicar las 6.6 libras, por planta.

iii). La composta es suelo fértil que nosotros hemos fabricado y no perjudica a las plantas, así que de la dosis que apliquemos dependen los resultados.

¿Cada cuanto hay que volver a aplicar?

Abono orgánico tiene efecto lento pero duradero y se aplica según los criterios anteriores:

a) Si puso 4.4 ó 6.6 Libras por planta, repita a los dos años.

b) Si solamente aplico 2.2 libras por planta, y su suelo es bueno, un año si y dos no.

c) Si por falta de materiales agregó 2.2 libras. por planta, pero su suelo no es bueno, repita al año siguiente.

4.1.8.2 Fechas de aplicación

El abono puede aplicarse al principio, a mediados o al final de las lluvias, que cambian en cada región cafetalera.

Los efectos de la composta se manifiesta entre los 25 a los 45 días de su aplicación y con efectos duraderos (21).

Según Martínez (18), “es un material que puede ser aplicado en cultivos intensivos y extensivos. La cantidad a aplicar en uno y otro caso va a depender del análisis químico del suelo y la composición del mismo.

La aplicación puede hacerse de las siguientes maneras:

- a) Durante la preparación del terreno se le incorpora con el ultimo paso de la rastra;
- b) En forma conjunta con el fertilizante;
- c) Se puede colocar directamente con la semilla;
- d) Al momento de deshierbar y aporcar es buena oportunidad para su incorporación;
- e) En árboles frutales o forestales se aplica en la zona que cubre el sistema radicular activo. Se hace una zanja alrededor y lejos del tallo no mas allá de la proyección de las ramas, se aplica y se cubre.

Utilícese en mezcla para llenado de bolsas. Investigaciones realizadas indican que más allá de un 30% no es asimilado; ver cuadro 5. Se recomienda de 3 a 4 toneladas por hectárea; sin embargo, no olvidar hacer el análisis químico tanto al suelo como al abono (Humus).”

Cuadro 5. Usos y aplicación de los porcentajes de la lombricompost.

CULTIVO	ALMACIGO	BOLSAS	CAMPO (t)
Cebolla	10%		3
Melón	10%		3
Maíz	10%		3-4
Nube	10%		3
Pepino	10%		3
Tomate	10%		3-4
Chile	10%		
Violeta africana	5%	20%	
Eucalipto		25%	
Pino		25%	
Casuarina		25%	
Café		25%	3
Frutales		25%	3

PH 6.5 a 7.5

Fuente: Martínez. C. 1995, García. 1996.

Las recomendaciones corresponden a lombricomposta con bajo porcentaje de arena y 2 % de nitrógeno.

Mézclase el porcentaje indicado para cada cultivo con substrato como arena, tezontle o suelo agrícola.

Cuadro 6. Contenido de nutrimentos y dosis de la lombricompost.

APORTES DE NUTRIMENTOS (kg/ha)					
DOSIS DE APLIC. (t/ha).	N	P	K	Ca	Mg
4	58.8	66.9	43.9	116.4	23.6
8	117.6	133.8	87.8	232.8	47.2
12	176.4	200.7	131.7	349.2	70.8
16	235.2	267.7	175.6	456.6	90.4

Fuente: Arteaga. O. et al. 1995

Cuadro 7. Respuesta de algunos cultivos a la aplicación de la lombricomposta

DOSIS COMPOSTA (t/ha)	RENDIMIENTO (t/ha)		
	TOMATE	TABACO	PASTO
0	8.13	1.56	10.97
4	23.37	1.79	13.00
8	24.61	1.88	14.33
12	22.69	1.82	14.38
16	18.57	1.92	13.24

Fuente: Arteaga. O. et al. 1995.

Según Ravera y De Sanzo (22). "El compost de lombriz, como todo abono orgánico, se usa en primavera y otoño. Se extiende sobre la superficie del terreno, regando abundantemente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo. Nunca se debe enterrar porque sus bacterias requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la plantación favorece el desarrollo radicular, por otra parte, al hacer más esponjosa la tierra disminuye la frecuencia de riego.

El lumbricompost puede almacenarse por mucho tiempo sin que se alteren sus propiedades, pero es necesario que mantenga siempre cierta humedad, la óptima es de 40%. En el cuadro 8, se aprecian las cantidades que debe aplicarse según el tipo de planta y su tamaño.

Cuadro 8. La cantidad a aplicarse varía según el tipo de planta y tamaño

TIPO DE PLANTA (cultivos nuevos)	MANTENIMIENTO ANUAL
1. Árboles	2 – 3 kilogramos
2. Rosales	1 kilogramo
3. Leñosas	500 gramos a 1 kilogramo por metro cuadrado.
4. Césped	1 kg./ metro cuadrado, 500 gramos/ metro cuadrado.
5. Plantas de mezcla	Al 50%, 4 cucharadas interior con la tierra por maceta.
6. Bonsáis	No es recomendable.
7. Orquideas	Mezclas al 10 %, 1 cucharada interiores

4.1.9 Fertilidad y fertilización

4.1.9.1 El suelo

Suelo es cuerpo natural, sintetizado en forma de perfil, de una mezcla variable de minerales meteorizado y materia orgánica en descomposición, que cubre la tierra en una capa delgada y proporciona, cuando tiene cantidades adecuadas de aire y agua, soporte mecánico y, en parte, sustento para las plantas. Los cinco factores importantes de la formación del suelo son:

- a) Material original o material parental
- b) Topografía
- c) Vegetación
- d) Clima
- e) Tiempo

El suelo desde su formación a partir del material original, está continuamente sujeto a innumerables cambios físicos, químicos y bioquímicos, debido principalmente a factores externos, como la lluvia, los cambios de temperatura, la vegetación y otros.

El suelo provee a la planta de:

- a) Elementos esenciales a los cuales se les llama nutrientes o nutrimentos.
- b) Un medio de almacenamiento y aprovisionamiento de agua.
- c) Oxígeno para la respiración de las raíces.
- d) Soporte mecánico para su anclaje.

Para que un buen suelo sea productivo debe tener una capacidad adecuada de retención de agua, buena aireación, buena cantidad de materia orgánica en proceso de descomposición, la presencia de nutrientes en cantidades apropiadas y alta capacidad de intercambio catiónico.

4.1.9.2 Fertilidad

Es la capacidad que tienen los suelos de proporcionar las cantidades adecuadas de nutrientes al cultivo, en tal forma que puedan ser absorbidos fácilmente. Dichos nutrientes deben encontrarse en equilibrio con las propiedades químicas y características físicas de ese sustrato, y aprovechar en un alto porcentaje los elementos nutrientes que le son agregados al suelo al fertilizar. La fertilidad del suelo depende en gran parte del tipo y contenido de arcilla materia orgánica, textura y estructura (16).

4.1.9.3 Fertilizantes

Son todas aquellas sustancias o materiales sólidos, líquidos, gaseosos o en suspensión, que contiene 1, 2, 3 o más elementos esenciales para las plantas, pudiendo contener, así mismo, otros agentes coadyuvantes que permiten una mayor eficiencia en absorción y aprovechamiento. Los elementos están balanceados en tal forma y estructurados en tal forma que puedan ser absorbidos directamente por las arcillas, la materia orgánica o quedar en equilibrio en la solución del suelo, para su aprovechamiento de inmediato o mediato.

4.1.9.4 Fertilización

Es la práctica de aplicar los fertilizantes, los abonos orgánicos y/o enmiendas, basándose en un programa elaborado en la investigación; para lo cual se hace necesario conocer previamente el estado de fertilidad del suelo y los requerimientos nutrimentales del cultivo, en función de su edad potencial de rendimiento y las prácticas de manejo que se utilizarán.

4.1.9.5 Fertilización disuelta al suelo del almácigo o método de ANACAFE

Consiste en disolver el fertilizante y aplicarlo con aspersora de mochila al suelo; es muy efectiva, práctica y económica, (ha sido una contribución para la caficultura). Las fórmulas más adecuadas son: 20-20-0, 16-20-0 o 18-46-0, disueltas en agua a una

concentración de 3% equivalente a 30 gramos por cada litro de agua. La solución se aplica al suelo, a razón de 50 centímetros cúbicos por bolsa, o por planta, por aplicación. Deberán hacerse de 4 a 5 aplicaciones a partir de un mes después de la siembra (trasplante).

Este 3% en 50 ml. de solución, equivale a 1.5 gramos de fertilizante por bolsa. Se disuelve en 13.5 libras de fertilizante en un tonel de 50 galones de agua. Antes de aplicarlo deberá verificarse que el suelo esté húmedo y que las bocas de las bolsas estén abiertas (no dobladas hacia adentro). Se aplica sobre el suelo, con cuidado de no mojar las hojas en las plantitas porque se queman. Quitar la boquilla de la lanza mantener baja la presión de la bomba para no salpicar las hojas.

4.1.9.6 Fertilización granulada al suelo del almácigo

Los almácigos deben fertilizarse con una fórmula como 20-20-0, 16-20-0, 18-46-0, 10-50-0, granulada, al suelo, de 3 a 5 gramos (tapita de agua gaseosa es igual a 5 gramos) por planta por aplicación, en un círculo alrededor del tallo, separado de éste, mejor si a la orilla de la bolsa. El número de aplicaciones es de 4 a 5 (una cada mes), a partir de 4 semanas después de la siembra (trasplante). En almácigos al suelo se usan las mismas fórmulas, en igual número de aplicaciones.

4.1.9.7 Fertilización foliar en almácigos

Se puede mejorar el vigor y desarrollo de las plantitas por medio de fertilizantes foliares como complemento de la fertilización al suelo. Se recomienda fórmulas de tipo 20-20-20, 10-30-10 y otras similares que, además, tengan elementos menores, principalmente zinc, boro, hierro, etc. Las dosis varían de 1 a 2 libras por 50 galones de agua. Si es líquido, de 0.5 a 1 litro en 50 galones de agua. Deben considerarse también las dosis que recomiendan las etiquetas de los fertilizantes. Los fertilizantes foliares se aplican cada 15 o 30 días, según el aspecto de las plantas (16).

4.2 MARCO REFERENCIAL

4.2.1 Ubicación y descripción del área en estudio

El municipio de Yepocapa está ubicado al Sur Oeste del departamento de Chimaltenango, para entrar a dicho municipio existen cuatro vías:

- A. Saliendo de la ciudad capital por la vía de Parramos, pasando por San José Calderas, hasta el municipio de Yepocapa se localiza a 90 km de la ciudad capital y a 36 km de la cabecera departamental de Chimaltenango, incluyendo 28 km. de terracería, transitable toda del año.
- B. Saliendo de la ciudad capital por la vía de Antigua Guatemala, pasando por San Miguel Dueñas y San José Calderas, hasta el municipio de Yepocapa se localiza a 87 km de la ciudad capital de los cuáles 30 km., son de terracería, transitable todo el año.
- C. La tercera vía es por la Costa Grande con desvío en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, existen 114 km. para llegar al municipio, incluyendo 14 km. de terracería.
- D. Finalmente saliendo de la ciudad capital para el occidente con desvío en el municipio de Patzicía pasando por Acatenango, para llegar al municipio de Yepocapa, hay que recorrer 110 km. y a 46 km. de la cabecera departamental de Chimaltenango, incluyendo 25 km. de terracería. Existen dos líneas de transporte extraurbano: Belmont y Dina.

Su extensión territorial, es aproximadamente 217 km². Colindan con los siguientes límites: al Norte con Acatenango (Chimaltenango); al Este con San Miguel Dueñas y Alotenango (Sácatepequez); al Sur con Santa Lucía Cotzumalguapa y Escuintla (Escuintla); y al Oeste con Pochuta (Chimaltenango).

La iglesia del municipio está ubicada a 1400 metros sobre el nivel del mar, latitud este 14^o, 30', 0'', longitud oeste 90^o 57' 15'' (14).

El patrimonio principal es un buen café que se produce en las fincas.

Debido a su cercanía al volcán de fuego en repetidas veces que el mismo ha hecho erupción, las calles y avenidas de la cabecera han tenido que ser limpiadas de arena expulsada por el volcán.

Se cultiva únicamente café ya que la tierra no se consideraba buena para otros productos, debido a su contenido arenoso.

La industria consiste en la fabricación de petates, hamacas y crianza de ganado mayor.

El idioma indígena predominante es el Cakchiquel. Nombre geográfico oficial, es Yepócapa (14).

Finca la guardiana, ver figura 2, el 16 de noviembre de 1,998 se transformo en la comunidad “Nueva Victoria” ubicada a 7 km. del municipio ésta tiene orientación al caserío Buena Vista, hacia la finca Panajabal (comunidad el Xab) que fue desmembrada, la carretera es de terracería , transitable en toda época del año, con algunas dificultades en invierno (9).

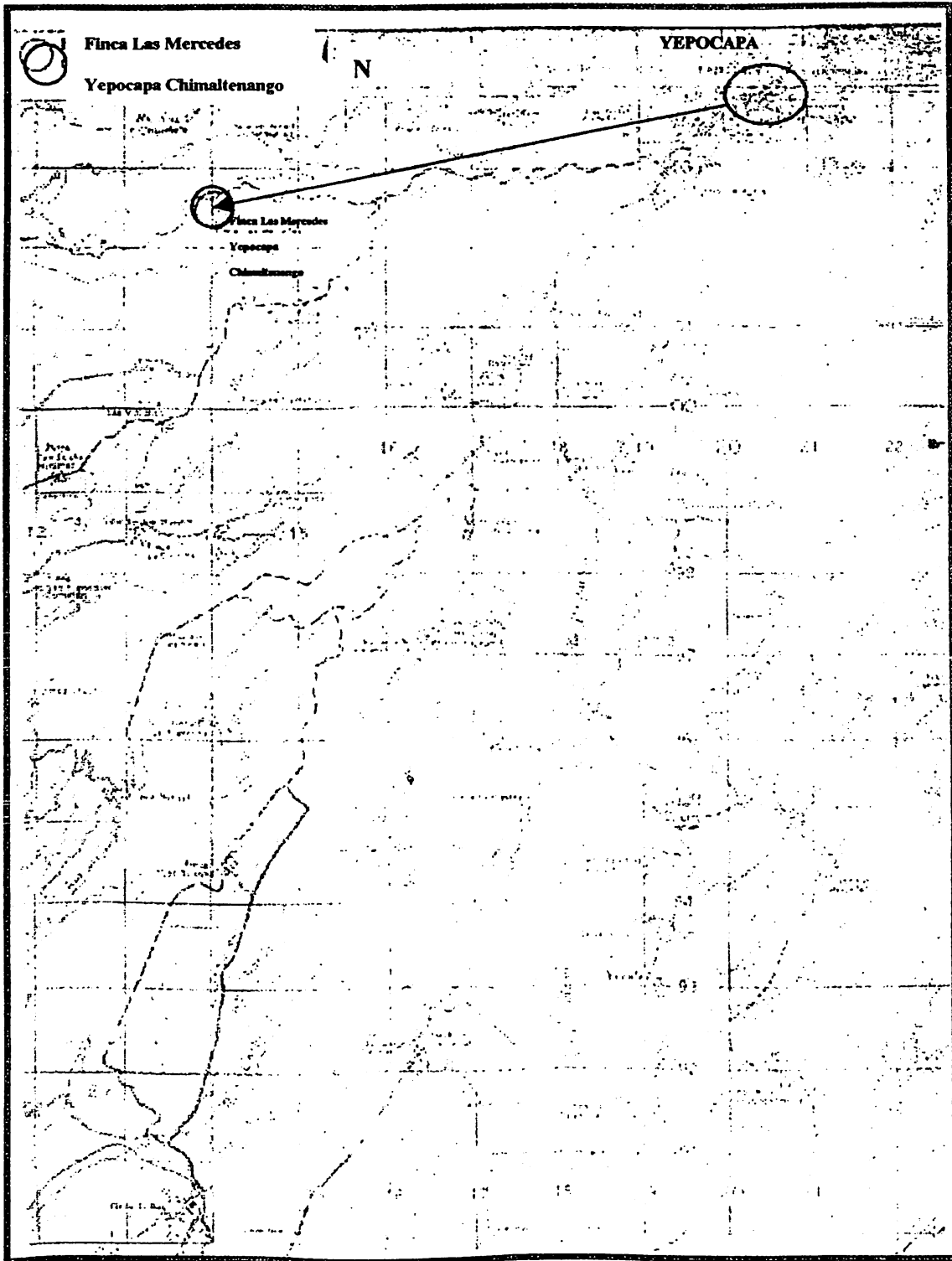
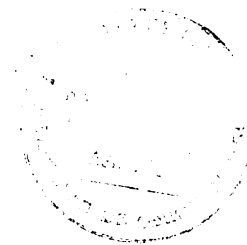


Figura 2: Mapas topográficos de la republica de Guatemala (finca las Mercedes, Yepocapa) (11, 12, 13).

4.2.2 Zona de vida

Según Holdridge (14). La comunidad se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo sub-tropical. En la boca costa del país con precipitación pluvial media anual de 3,464 mm. Temperatura media anual de 22.90 grados centígrados. Altitud sobre el nivel del mar promedio de 959 metros, humedad relativa anual de 75 por %.

5 OBJETIVOS



General

Dentro del contexto del programa del cultivo del café orgánico y uso de los subproductos como la pulpa del café y que correlacione con este estudio se plantea el siguiente objetivo general, evaluar el efecto de 5 proporciones del humus de lombriz coqueta roja californiana, *Eisenia foétida* Sav. así como cuatro dosis de concentración disuelta del fertilizante con el tipo de fórmula 20-20-0 en la producción de plantas de café, *Coffea arabica* L., en la etapa de almácigo con un período de catorce meses en Yepocapa.

Específicos:

1. Determinar los mejores tratamientos con proporciones de humus de lombriz y suelo, que den los almácigos de mejores condiciones vegetativas.
2. Determinar el mejor tratamiento con las diferentes concentraciones de fertilización química disuelta, que den los almácigo de mejores condiciones vegetativas.
3. Establecer la interacción de los porcentajes del humus de lombriz y las concentraciones de fertilización química disuelta en el crecimiento de la planta de café en la etapa de almácigo.
4. Calcular los costos de los tratamientos con las distintas proporciones de Lombricompost y determinar el menor de los costos que represente la mejor respuesta de las variables en estudio.

6 HIPÓTESIS

1. La proporción del 30% del humus de lombriz y 70% de suelo, en el sustrato, producen plántulas de café, *Coffea arabica* L., a nivel del almácigo con mayor diámetro basal del tallo ortotrópico, mayor altura de la planta, mayor número de tallos plagiotrópicos (cruces) y en general con mayor biomasa.
2. El tratamiento que incluye el 3 % de concentración de la fertilización química equivalente a 1.5 gramos de 20-20-0 por bolsa, producirá plántulas de café, con mayor diámetro basal del tallo ortotrópico, mayor altura de la planta, mayor número de tallos plagiotrópico (cruces) y en general con mayor biomasa.
3. La interacción de 30% de humus de lombriz y 3 % de concentración de la fertilización química equivalente a 1.5 gramos de 20-20-0 por bolsa se obtendrán los mejores resultados de las variables en estudio.

7 METODOLOGIA

7.1 Materiales y procedimientos

Localización del experimento: El experimento se llevó a cabo en la finca cafetalera Las Mercedes, vecina a la comunidad Nueva Victoria, con una duración de 14 meses (abril de 2000 a mayo de 2001)

En la investigación se utilizó plantas de café injertado, como patrón la variedad robusta y la variedad comercial fue caturra de porte bajo, ideal para la zona en estudio “comunidad Nueva Victoria” Yepocapa, Chimaltenango.

7.1.1 Materiales utilizados

2.45 metros cúbicos de suelo

1.09 metros cúbicos de humus de lombriz

1,000 bolsas de polietileno de 6” X 10” X 3 milésimas de grosor

Libreta de campo, lápiz, borrador, regla de 60cms.

Material vegetativo, planta de café injertada

Fertilizantes granulados y foliares

Desinfestación del sustrato: con insecticidas nemátocidas.

Desinfección del sustrato: con fungicidas para el suelo.

Control fitosanitario preventivo: con fungicidas e insecticidas para las plagas aéreas.

Aspersora manual tipo mochila, cubetas plásticas, medidas plásticas de 120, 240 y 360 gramos. Y de 25 a 37.5 cc.(elaboradas en el laboratorio de ANACAFE)

Probeta de 1,000 centímetros cúbicos.

Pitas, metro, alambre de amarre, rotuladores para los tratamientos, pinturas de agua de color azul, amarillo, marfil, rojo y negra.

Toma de lecturas: Vernier y regla hasta de 60cms.

60 Cajas de madera de 40 X 20 cms. para el traslado del material experimental al laboratorio.

Vehículo para trasladar 480 plantas al laboratorio

Cámara fotográfica

Molino (General Electric, Modelo SXBG00B-D)

Horno (TREAS precisión científica, Modelo 845)

Balanza analítica (OHAUS)

Mufla (THERMOLINE, MODELO F-A1740)

Etiquetas

7.1.2 Procedimiento

Antes de iniciar el experimento se calculó 2.45 metros cúbicos de suelo y 1.09 metros cúbicos de humus de lombriz (obtenido de 50% de pulpa de café y 50% de estiércol de bovino procesado por la lombriz roja californiana) para el sustrato, se compraron 960 bolsas polietileno de 6" X 10" X 3 milésimas de grueso, el sustrato se preparó con mucha atención cercana al área experimental. El humus de lombriz se obtuvo en el lugar de producción de lombricomposto ubicada en las oficinas centrales de ANACAFE, departamento de fitopatología, 5 calle 0-50 zona 14, Guatemala.

Sustrato para la bolsa

Para realizar la mezcla del sustrato se hizo por volumen de los distintos materiales utilizados (lombricompost y suelo)

Cuadro 9. Muestra el análisis químico de elementos del lombricompost (humus de lombriz) previo a la mezcla del sustrato

No.	Identificación	Ceniza	N	pH	C/N	CaO	%					pmm			
							Carbono Orgánico	K ₂ O	Materia Orgánica	MgO	P ₂ O ₅	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc
29327	HUMUS	69	1.94	7.9	8.89	2.24	17.22	1.14	31	0.55	1.28	36.3	0.01	326.8	102.4

26/04/2000 04:24 pm

Cuadro 10. Muestra las características químicas del suelo que se utilizarán en el sustrato

No.	Identificación	pH	Ug/ml	meq/100ml					Microgramos/ml				%
			fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Aluminio	Acidez Intercambiable	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Materia Orgánica
	Niveles Adecuados	5.50-6.50	10.00	0.42	4.20	1.26	0.00-1.00	[-]	1.00-2.50	10.00-20.00	[5.00-20.00]	2.00-4.00	3.00-6.00
29324	ALMÁCIGO	5.6	23.45	0.19	14.8	2.08	<0.10	0.1	0.83	12.6	5.7	12.96	3.68

Los análisis se realizaron en el laboratorio de ANACAFE.

FACTOR "B": Dosis de 1, 2, y 3 gramos disuelta en 100 ml de agua, correspondiente a una concentración de 1, 2, 3 %, de esta concentración se aplica 50 centímetros cúbicos por planta al suelo lo que es equivalente a 0.5 – 1.0 – 1.5 gramos/planta del fertilizante químico con el tipo de fórmula 20-20-0.

Cuadro 12. Niveles del factor "B"

Nivel	Concentración	Dosis: Gramos / planta	Cantidad de la Solución por Planta
1	0%	0	0
2	1%	0.5	50 cc
3	2%	1.0	50 cc
4	3%	1.5	50 cc

Cuadro 13. Arreglo combinatorio de los factores

Dosis Fertilizante % de Lombricompost	0	0.5	1	1.5
0	0 – 0	0.5 – 0	1 – 0	1.5 – 0
10	0 – 10	0.5 – 10	1 – 10	1.5 – 10
20	0 – 20	0.5 – 20	1 – 20	1.5 – 20
30	0 – 30	0.5 – 30	1 – 30	1.5 – 30
40	0 – 40	0.5 – 40	1 – 40	1.5 – 40

Cuadro 14. Arreglo combinatorio de los factores en la parcela experimental

Dosis Fertilizante Químico en gramos / planta % de Lombricompost y suelo	1	1.5	0	0.5
0 - 100	(0 - 100) - 1	(0 - 100) - 1.5	(0 - 100) - 0	(0 - 100) - 0.5
10 - 90	(10 - 90) - 1	(10 - 90) - 1.5	(10 - 90) - 0	(10 - 90) - 0.5
20 - 80	(20 - 80) - 1	(20 - 80) - 1.5	(20 - 80) - 0	(20 - 80) - 0.5
30 - 70	(30 - 70) - 1	(30 - 70) - 1.5	(30 - 70) - 0	(30 - 70) - 0.5
40 - 60	(40 - 60) - 1	(40 - 60) - 1.5	(40 - 60) - 0	(40 - 60) - 0.5

Cuadro 15. Tratamientos que fueron evaluados en la investigación

No. de Tratamientos	Factor A		Factor B
	Proporción en el Substrato		Gramos/planta
	Humus %	Suelo %	Fertilizante 20 20 0
T1	0	100	1 N-P 2 0 5
T2	10	90	1 N-P 2 0 5
T3	20	80	1 N-P 2 0 5
T4	30	70	1 N-P 2 0 5
T5	40	60	1 N-P 2 0 5
T6	0	100	1.5 N-P 2 0 5
T7	10	90	1.5 N-P 2 0 5
T8	20	80	1.5 N-P 2 0 5
T9	30	70	1.5 N-P 2 0 5
T10	40	60	1.5 N-P 2 0 5
T11	0	100	0 N-P 2 0 5
T12	10	90	0 N-P 2 0 5
T13	20	80	0 N-P 2 0 5
T14	30	70	0 N-P 2 0 5
T15	40	60	0 N-P 2 0 5
T16	0	100	0.5 N-P 2 0 5
T17	10	90	0.5 N-P 2 0 5
T18	20	80	0.5 N-P 2 0 5
T19	30	70	0.5 N-P 2 0 5
T20	40	60	0.5 N-P 2 0 5

En la parcela experimental, las dosis del fertilizante químico se aleatorizó al azar con el siguiente orden: 1, 1.5, 0, 0.5 gramos/planta.

8 MODELO ESTADISTICO

Contadores.

$i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, a$, donde $a =$ No. de niveles de Factor A.

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, b$, donde $b =$ No. de niveles del Factor B.

$k = 1, 2, 3, \dots, r$, donde $r =$ No. de Bloque.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + B_k + E_{ijk}.$$

Donde:

Y_{ijk} = Diámetro del tallo, altura de la planta, número de cruces en la planta de café y biomasa, asociada a la ijk -ésima unidad experimental.

μ = Media general.

A_i = Efecto del i -ésima sustrato.

B_j = Efecto de la j -ésima dosis de la fertilización química.

AB_{ij} = Interacción del i -ésima sustrato y la j -ésima dosis de la fertilización química.

B_k = Efecto del k -ésima bloque.

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

9 RESULTADOS

A continuación se presenta un resumen de los cuadros de tabulación de los datos de cada variable así como su análisis de varianza (i), la prueba de separación de medias (Tukey) (ii), figuras de barras (iii), y curvas de tendencia de los distintos tratamientos, el orden como se presentan los resultados es de la manera siguiente:

- a) Cuadro 16. Resumen, promedios de los subtratamientos de las variables en estudio.
- b) Cuadro 17. Resumen, promedios de las interacciones de las proporciones de lombricompost.
- c) Cuadro 18. Resumen, promedios de las interacciones de la fertilización disuelta.
- d) Cuadro 19. Resumen, Análisis de varianza para las variables en estudio, y de igual manera para las otras variables en estudio.
- e) Cuadro 20. Biomasa total en base húmeda expresada en gramos.
- f) Cuadro 21. Biomasa total en base seca expresada en gramos.
- g) Cuadro 22. Diámetro basal del tallo ortotrópico expresado en milímetros.
- h) Cuadro 23. Altura de la planta expresado en centímetros.
- i) Cuadro 24. Número de tallos plagiotrópicos (número de cruces)
- j) Cuadro 25. Peso en base húmeda de la zona radicular expresada en gramos
- k) Cuadro 26. Peso en base seca de la zona radicular expresada en gramos
- l) Cuadro 27. Peso en base húmeda de la parte aérea expresada en gramos
- m) Cuadro 28. Peso en base seca de la parte aérea expresada en gramos
- n) Cuadro 29. Costo de producción de plantas injertadas.

OBSERVACIÓN DE CAMPO EN EL EXPERIMENTO

Se observó en la parte foliar las enfermedades mancha de hierro, *Cercospora coffeicola* y antracnosis, *Colletotrichum sp.* para su control se asperjo por la vía foliar el fungicida de ingrediente activo cyproconazole (alto 100 SL) con la dosis de 5 centímetros cúbicos por aspersora de muchila de 15 litros de agua en una sola aplicación y se continuó en forma preventiva con los fungicidas de ingrediente activo Captán (captan) y Ferbanato (ferban) con la dosis de 85 gramos por aspersora de muchila de 15 litro de agua, repitiéndose cada 20 días hasta evidenciar la recuperación de las plantas.

En todo almácigo de café para que esta tenga un buen desarrollo se aplica boro y zinc. En el almácigo del presente estudio se diagnostico deficiencia de esos elementos por lo que se aplicó el fertilizante foliar complexato de zinc en dos de 75 centímetros cúbicos y boro foliar en dosis de 50 centímetros cúbicos por aspersora de muchila.

Este control y mantenimiento, correcto y oportuno evitó mortandad que aparece en la mayoría de los almácigos, evitando así la mortandad de un 5% a 10% en este almácigo.

a) Cuadro 16. Promedios de subtratamientos de las variables en estudio

No. de Tratamientos	Factor A		Factor B	Biomasa Total (gramos)		Diámetro (milímetros)	Altura de la planta (centímetros)	Número de cruces	Peso zona radicular en gramos		Peso Aéreo en gramos	
	Proporción en el Substrato			Gramos/planta Fertilizante 20 20 0	B H				B S	B H	B S	B H
	Humus %	Suelo %										
T1	0	100	1 N-P ₂ O ₅	197.00	6281	3.78	23.13	1.30	3256	1254	164.47	467.0
T2	10	90	1 N-P ₂ O ₅	343.20	101.39	4.41	28.98	2.46	5557	1906	290.63	82.33
T3	20	80	1 N-P ₂ O ₅	371.92	75.19	4.67	29.40	3.00	5488	1929	317.03	89.23
T4	30	70	1 N-P ₂ O ₅	391.17	110.64	4.16	28.77	2.96	6300	2014	328.17	90.50
T5	40	60	1 N-P ₂ O ₅	345.72	95.38	3.96	29.46	2.50	5418	1692	291.53	78.47
T6	0	100	1.5 N-P ₂ O ₅	202.60	69.00	3.51	23.92	2.29	3243	1120	170.17	47.80
T7	10	90	1.5 N-P ₂ O ₅	383.24	111.35	4.74	29.58	2.71	5691	1951	326.30	91.83
T8	20	80	1.5 N-P ₂ O ₅	333.41	92.27	4.32	27.25	2.46	6381	1661	279.60	75.67
T9	30	70	1.5 N-P ₂ O ₅	324.00	89.63	4.13	26.21	2.63	5160	1676	272.40	72.87
T10	40	60	1.5 N-P ₂ O ₅	252.16	70.37	3.68	22.88	1.96	3416	1297	218.00	57.40
T11	0	100	0 N-P ₂ O ₅	127.29	54.93	3.22	21.35	0.67	3339	1027	93.90	44.67
T12	10	90	0 N-P ₂ O ₅	167.00	73.51	4.05	28.10	1.28	4617	1437	220.57	59.13
T13	20	80	0 N-P ₂ O ₅	281.90	77.82	4.21	29.08	1.71	5203	1478	229.87	63.03
T14	30	70	0 N-P ₂ O ₅	274.26	77.58	3.72	25.10	1.71	4916	1415	225.43	63.43
T15	40	60	0 N-P ₂ O ₅	295.63	79.25	3.84	26.29	1.21	5403	1511	241.60	64.13
T16	0	100	0.5 N-P ₂ O ₅	223.27	63.00	3.78	25.71	1.46	4720	1263	176.07	50.37
T17	10	90	0.5 N-P ₂ O ₅	328.86	95.02	4.44	28.04	2.21	5159	1645	277.27	78.57
T18	20	80	0.5 N-P ₂ O ₅	421.20	119.13	4.68	32.21	2.63	6914	2139	362.07	97.73
T19	30	70	0.5 N-P ₂ O ₅	374.87	105.99	4.18	30.27	2.25	6123	2002	313.63	86.97
T20	40	60	0.5 N-P ₂ O ₅	392.37	109.10	4.34	28.15	2.13	5941	1937	330.97	89.73

b) Cuadro 17. Interacción de las variables del lombricompost

% HUMUS	% SUELO	Biomasa Total (g)		Diámetro (Milímetros)	Altura de la planta (Centímetros)
		B H	B S		
0	100	187.55 B	59.94 B	3.57 C	23.53 C
10	90	331.83 A	95.32 A	4.41 A	28.68 AB
20	80	352.11 A	91.1 A	4.27 A	29.48 A
30	70	341.07 A	96.21 A	4.2 AB	27.59 AB
40	60	321.43 A	88.53 A	3.93 BC	26.69 B

% HUMUS	% SUELO	Número de cruces	Peso zona radicular		Peso Aéreo	
			B H	B S	B H	B S
0	100	1.44 B	36.4 B	11.66 B	151.15 B	47.38 B
10	90	2.31 A	52.63 A	17.35 A	279.2 A	77.97 A
20	80	2.45 A	57.47 A	18.02 A	294.64 A	81.42 A
30	70	2.39 A	56.25 A	17.77 A	284.91 A	78.44 A
40	60	1.95 AB	50.45 A	16.09 A	271.28 A	72.43 A

c) Cuadro 18. Interacción de las variables de la fertilización disuelta

Gramos por planta	Biomasa Total (g)		Diametro	Altura de la planta (cm)	
	BH	BS	(mm)		
0	249.22 C	72.62 B	3.81 B	25.99 B	
0.5	348.11 A	98.65 A	4.4 A	28.88 A	
1	330.81 AB	89.08 AB	4.19 AB	27.95 AB	
1.5	299.08 B	84.52 AB	4.06 AB	27.97 AB	
Gramos por planta	Número de cruces	Peso zona radicular		Peso Aéreo	
		BH	BS	BH	BS
0	1.43 B	47.02 B	13.74 B	202.27 B	58.88 B
0.5	2.13 A	57.71 A	17.97 A	290.60 A	80.67 A
1	2.15 A	52.04 A	17.59 A	278.77 A	77.45 A
1.5	2.41 A	45.78 AB	15.41 AB	253.30 A	69.45 AB

d) Cuadro 19. Análisis de varianza para las variables en estudio

Fuente de variación	Biomasa Total (g)		Diametro	Altura de la planta (cm)	
	BH	BS	(mm)		
Sustrato (A)	**	**	**	**	
Fertilizante (B)	**	**	**	**	
Interaccion A*B	NS	NS	NS	NS	
Coef. Variacion	15.33 %	22.33 %	9.53 %	9.61 %	
Error Típico de un prom. +/-	15.16	11.11	0.23	1.51	
Fuente de variación	Número de cruces	Peso zona radicular		Peso Aéreo	
		BH	BS	BH	BS
Sustrato (A)	**	**	**	**	**
Fertilizante (B)	**	**	**	**	**
Interaccion A*B	NS	NS	NS	NS	NS
Coef. Variacion	27.10 %	16.48 %	16.22 %	16.36 %	18.82 %
Error Típico de un prom. +/-	0.33	4.82	1.52	24.21	7.77

e) DISCUSIÓN PARA LA BIOMASA TOTAL DE LA PLANTA EN BASE HÚMEDA EXPRESADA EN GRAMOS:

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa, tanto el factor A como el B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre si pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-0 por planta fue el mejor estadísticamente, con 348.11 gramos.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras 3 y 4.

i) Cuadro 20. Análisis de varianza de la biomasa total húmeda, en gramos

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cont.		F. Tabulada	
Repetición	2	9,795.33	4,897.67	2,214	NS	3.25	5.21
Sustrato (A)	4	219,495.19	54,871.30	24,802	**	7.62	3.86
Fertilizante (B)	3	84,870.23	28,290.08	12,787	**	3.85	4.34
Interacción A*B	12	41,973.86	3,497.82	1,581	NS	2.02	2.69
Error Exp	36	84,070.48	2,212.381	1,000			
Total	59	449,195.09					

Coef. Variación 15.33%
Error Típico de un prom. +/- 27.15620

** = Alta Significancia, * = Significancia, NS = No Significativa

lc 5647807.57

ii) Cuadro 21. Prueba de Tukey de la biomasa total de la planta en base húmeda, expresada en gramos

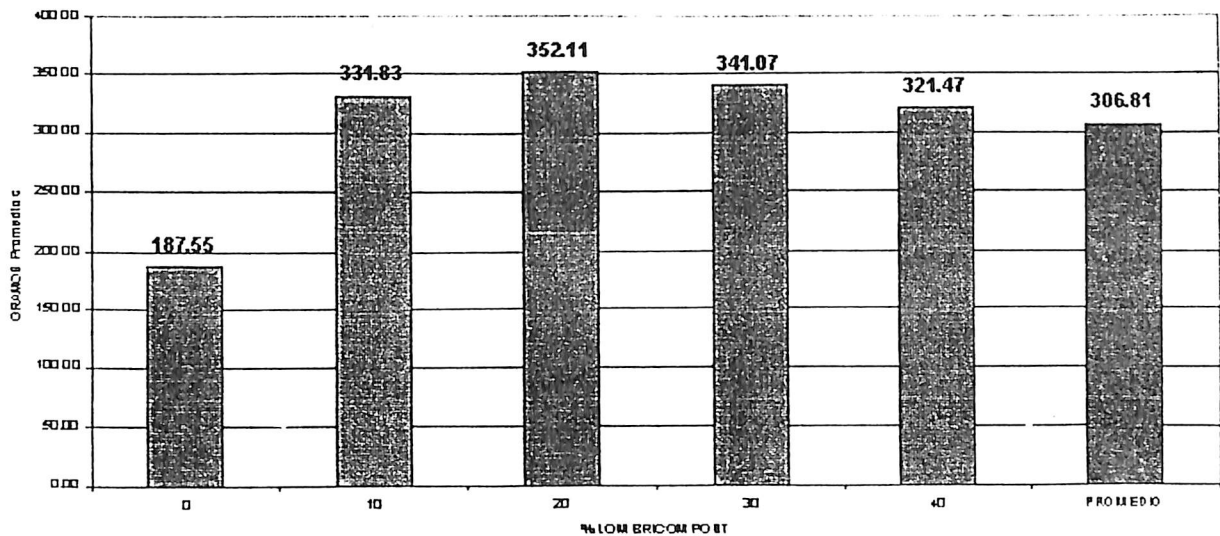
Prueba de Tukey al 5 %

Factor(A) Sustrato *

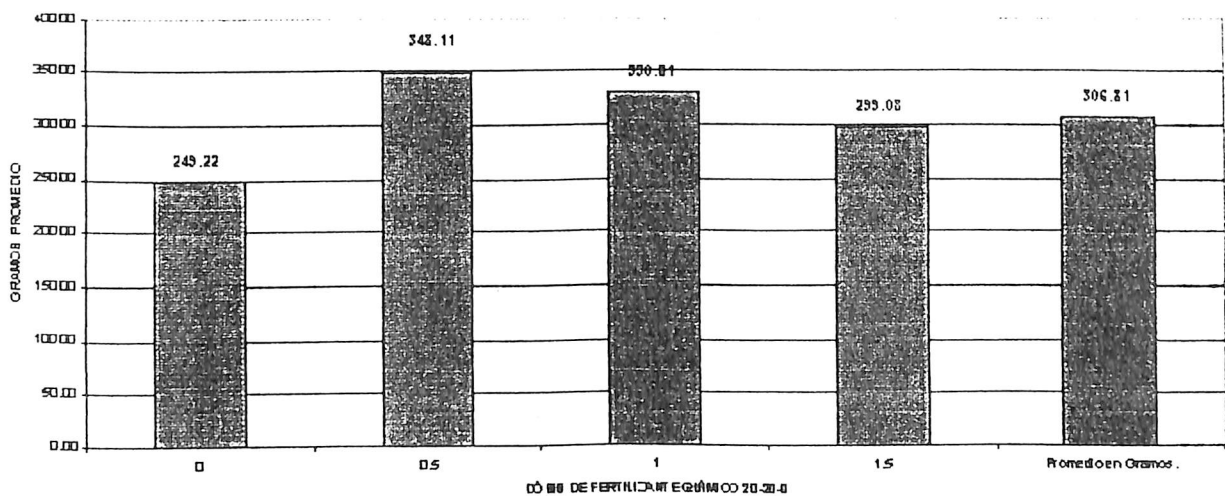
Húmus %	Suelo %	Media	Tukey
20	80	352.11	A
30	70	341.07	A
10	90	331.83	A
40	60	321.47	A
0	100	187.55	B
Media		306.81	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Porcentaje/planta	Media	Tukey
0.5	348.11	A
1	330.81	AB
1.5	299.08	B
0	249.22	C
Media	306.81	



iii) Figura 3. Biomasa total húmeda (gramos) de las distintas proporciones de lombricompost.



iii) Figura 4. Biomasa total húmeda (gramos) de la fertilización disuelta.

f) DISCUSIÓN PARA LA BIOMASA TOTAL DE LA PLANTA EN BASE SECA EXPRESADA EN GRAMOS:

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo, no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa, tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre sí pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-00 por planta fue el mejor estadísticamente, con 98.65 gramos.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras 5 y 6

i) Cuadro 22. Análisis de varianza, biomasa total seca, expresado en gramos

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F. Calc.		F. Tabulada	
						5%	1%
Repetición	2	1 708 79	854 39	2 306	NS	3 25	5 21
Sustrato (A)	4	10 830 13	2 707 53	7 307	**	2 62	3 86
Fertilizante (B)	3	5 252 82	1 750 61	4 730	**	2 65	4 34
Interacción A*B	12	5 631 67	469 47	1 267	NS	2 62	2 69
Error Exp	39	14 000 95	370 651	0 000			
Total	59	37 511 36					

** - Alta Significancia, * - Significancia, NS - No Significancia

Coef. Variación 22 33%
Error Típico de un prom. σ 11 11382

ii) Cuadro 23. Prueba de Tukey, biomasa total seca, expresada en gramos

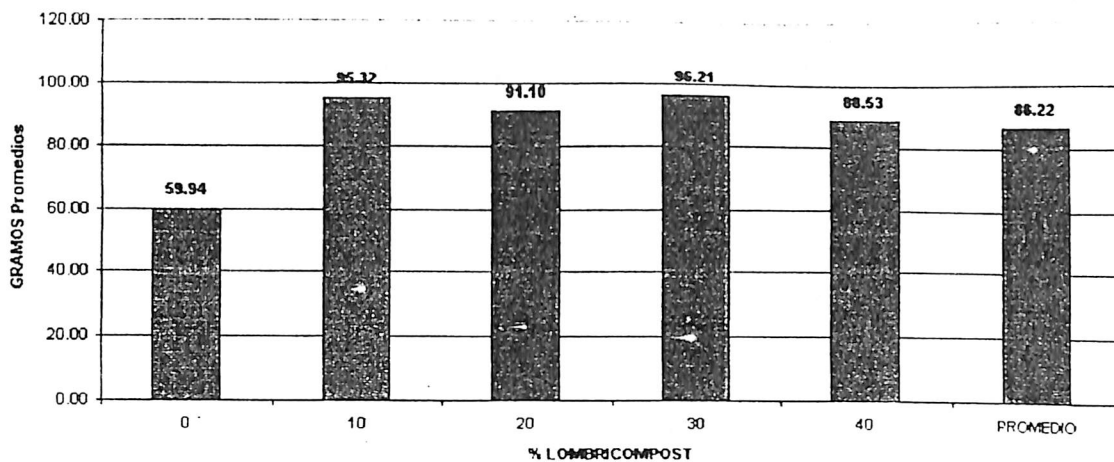
Prueba de Tukey al 5 %

Factor(A) Sustrato

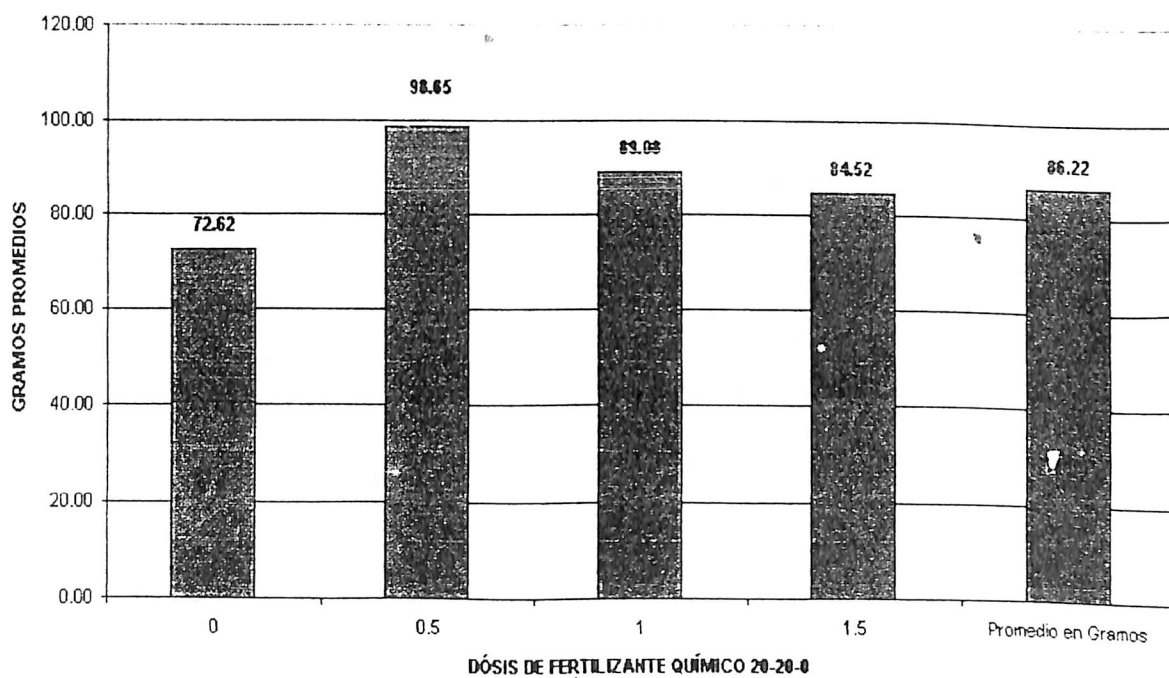
Humus %	Suelo %	Media	Tukey
30	70	96.21	A
10	90	95.32	A
20	80	91.10	A
40	60	88.53	A
0	100	59.94	B
Media		86.22	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Porcentaje/pla	Media	Tukey
0.5	98 65	A
1	89 08	AB
1.5	84.52	AB
0	72 62	B
Media	86.22	



iii.) Figura 5. Biomasa total seca, (gramos) para las distintas proporciones de lombricompost.



iii) Figura 6. Biomasa total seca, expresada en gramos de la fertilización disuelta

g) DISCUSIÓN PARA DIAMETRO BASAL EXPRESADO EN MILÍMETROS DEL TALLO ORTOTROPICO.

La figura 7 nos muestra la tendencia del desarrollo del diámetro basal de la planta del tallo ortotropico a 7 centímetros del suelo para las distintas proporciones de lombricompost.

Y la figura 8 nos muestra la tendencia del desarrollo del diámetro basal de la planta del tallo ortotropico a 7 centímetros del suelo para la fertilización disuelta.

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo, no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre sí pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-00 por planta, fue el mejor estadísticamente, con 4.40 milímetros.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras número 9 y 10.

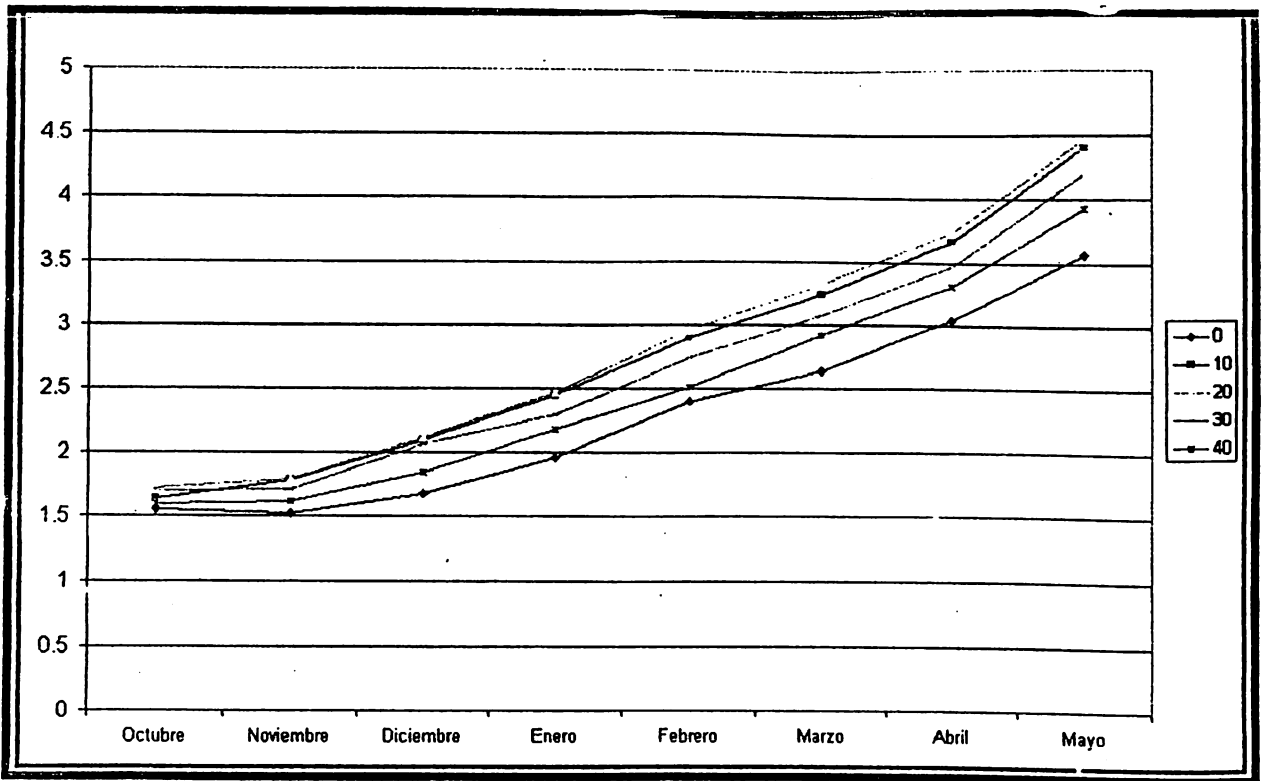


Figura 7. Desarrollo del diámetro (mm) de las proporciones de lombricompost

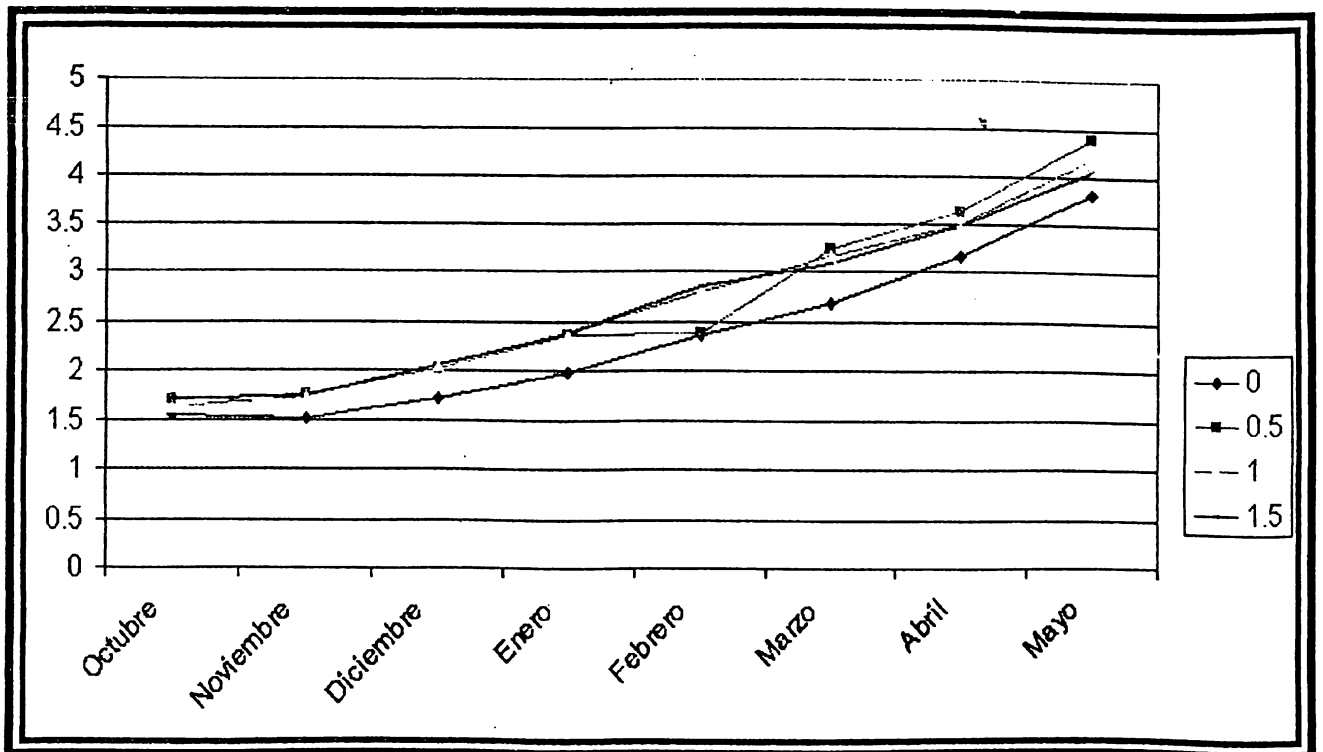


Figura 8. Desarrollo del diámetro (mm.), de la fertilización disuelta



i) Cuadro 24. Análisis de varianza del diámetro expresado (mm.)

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	GL	S.C.	C.M.	F.Calculada	F.Tabulada	Sig.	Media
Repeticion	2	0.41	0.205	1.336	NS	0.27	4.21
Sustrato (A)	4	6.625	1.656	10.769	**	2.62	3.86
Fertilización (B)	3	2.793	0.931	6.063	**	2.42	4.32
Interacción AxB	12	1.705	0.142	0.924	NS	0.26	2.69
Error Exp.	30	5.545	0.185	1.000			
Total	59	17.381					

Coef. Variacion 9.63%
 Error Típico de un prom. 0.22644

** = Alto Significancia. * = Significancia. NS = No Significancia

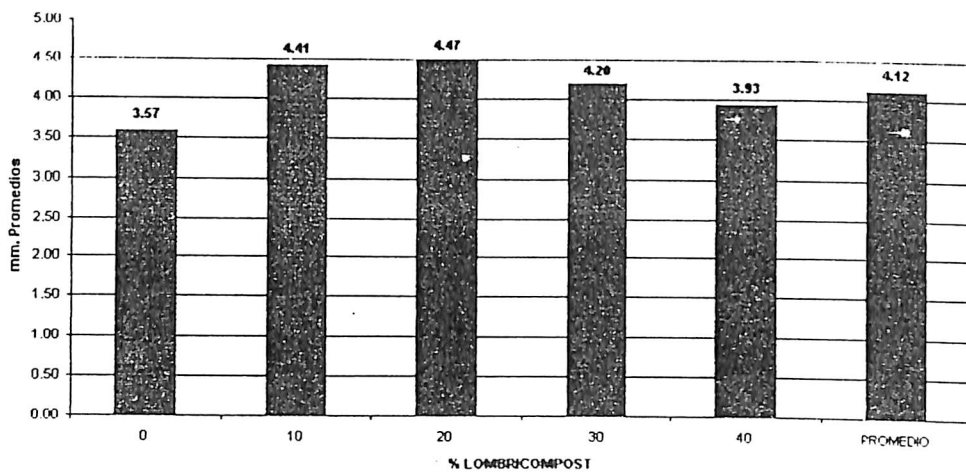
ii) Cuadro 25. Prueba de Tukey del diámetro expresado en milímetros

Factor(A) Sustrato

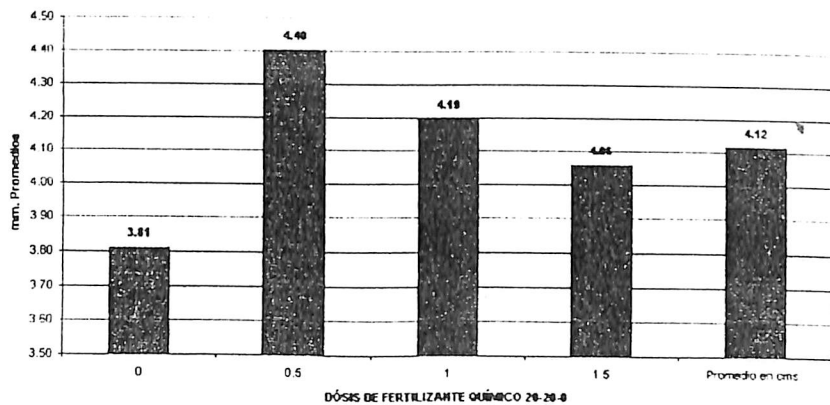
Humus %	Suelo %	Media	Tukey
20	80	4.47	A
10	90	4.41	A
30	70	4.20	AB
40	60	3.93	BC
0	100	3.57	C
Media		4.12	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Porcentaje/plant	Media	Tukey
0.5	4.40	A
1	4.19	AB
1.5	4.06	AB
0	3.81	B
Media	4.12	



iii) Figura 9. Diámetro (mm.) de las distintas proporciones de lombricompost



iii) Figura 10. Diámetro (mm) de la fertilización disuelta.

h) DISCUSIÓN PARA LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA EXPRESADA EN CENTIMETROS.

La figura 11 nos muestra la tendencia de la altura de la planta expresada en centímetros para las distintas proporciones de lombricompost.

Y la figura 12 nos muestra la tendencia de la altura de la planta expresada en centímetros para la fertilización disuelta.

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre sí pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-00 por planta, fue el mejor estadísticamente, con 28.88 centímetros.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las gráficas de barras 13 y 14.

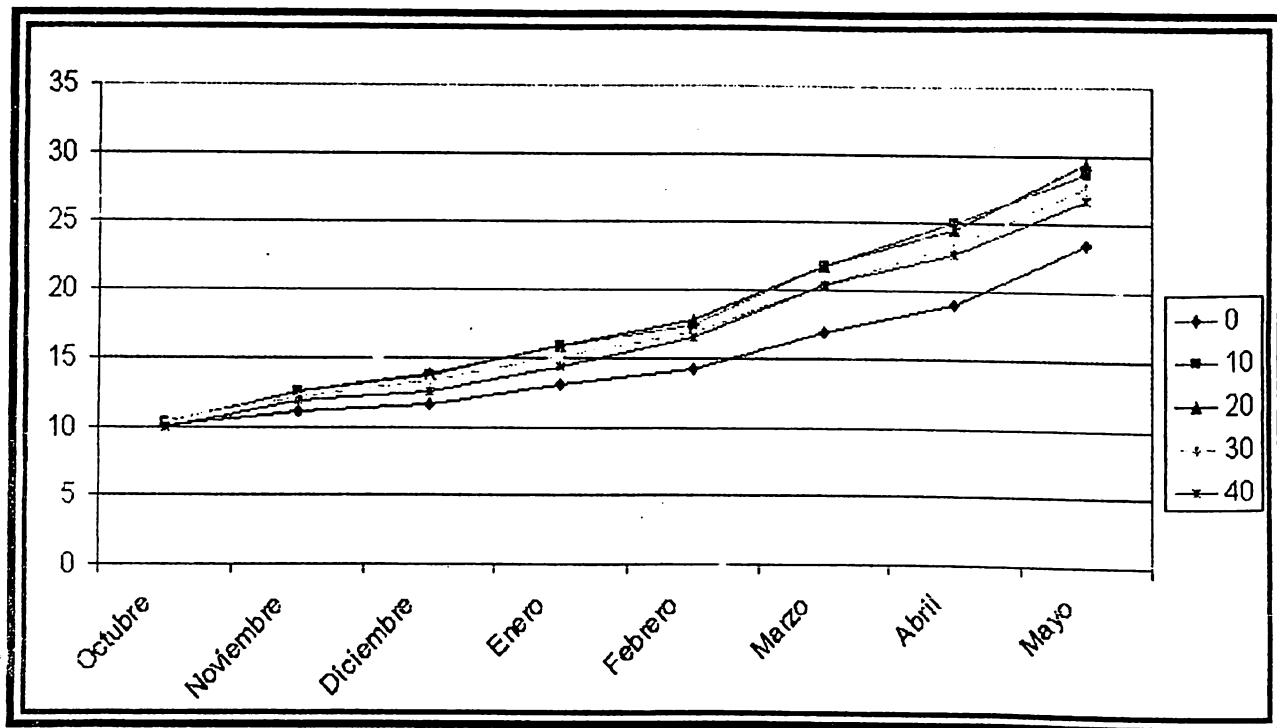


Figura 11. Muestra la tendencia de los tratamientos para las distintas proporciones de lombricompost utilizadas en el sustrato

ALTURA DE LA PLANTA EXPRESADA EN CENTÍMETROS Se realizaron 8 lecturas a partir del mes de octubre de 2000 a mayo de 2001, esta variable fue medida en centímetros, en el lugar del experimento a los 64 días después del trasplante, utilizando para ello una cinta métrica, midiéndose a partir de la base del tallo hasta el ápice de la planta, repitiendo cada 30 días.

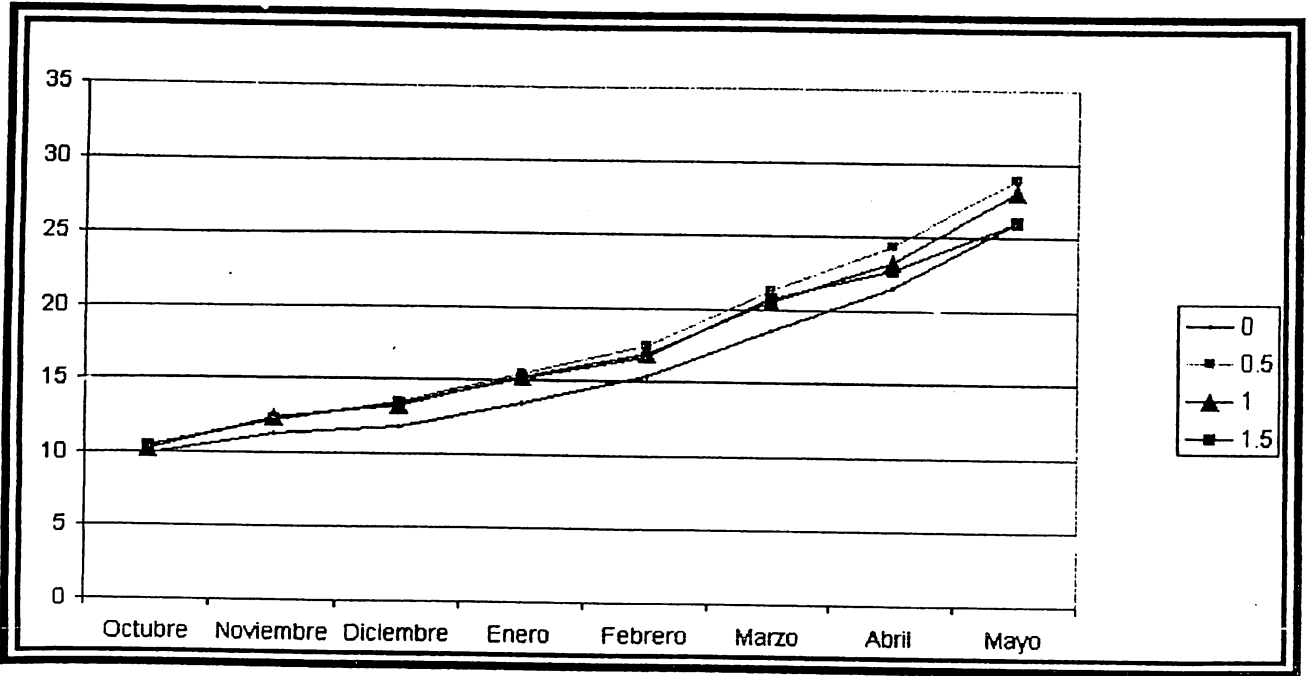


Figura 12: Tendencia de los tratamientos, en la fertilización disuelta

i) Cuadro 26. Análisis de varianza de la altura de la planta expresada en centímetros

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente Variación	G.L	S.C.	C.M.	F Calc.		F Tabulada	
						5%	1%
Repetición	2	52.984	26.492	3.081	*	3.25	5.21
Sustrato (A)	4	255.593	63.898	9.361	**	2.62	3.86
Fertilizante (B)	3	95.338	31.779	4.656	**	2.66	4.34
Interacción A*II	12	100.228	8.352	1.224	NS	2.02	2.69
Error Exp	38	259.375	6.826	1.000			
Total	59	763.518					

** = Alta Significancia, * = Significancia, NS = No Significancia

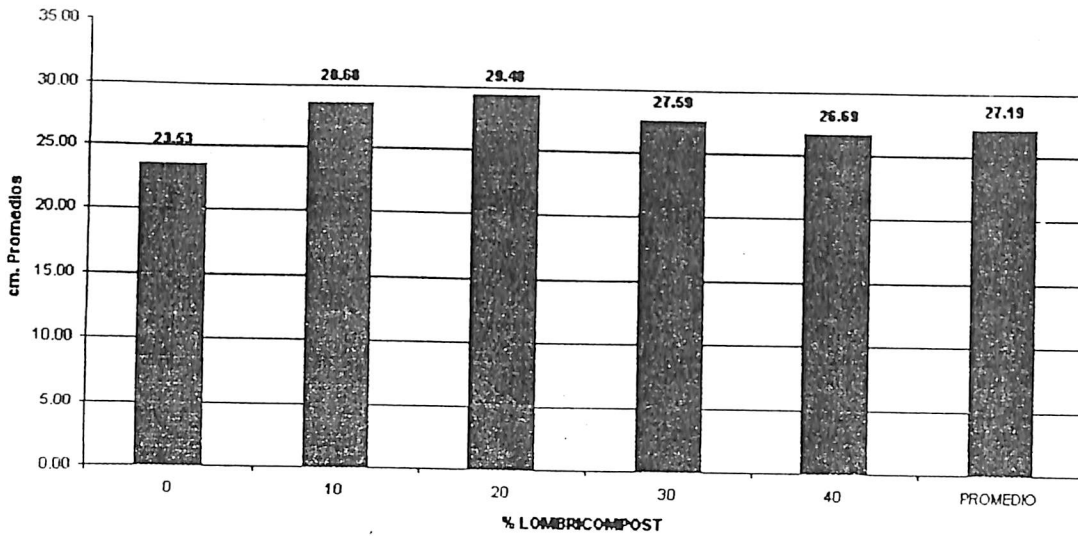
Coef. Variación 9.61%

Error Típico de un prom. +/- 1.50833

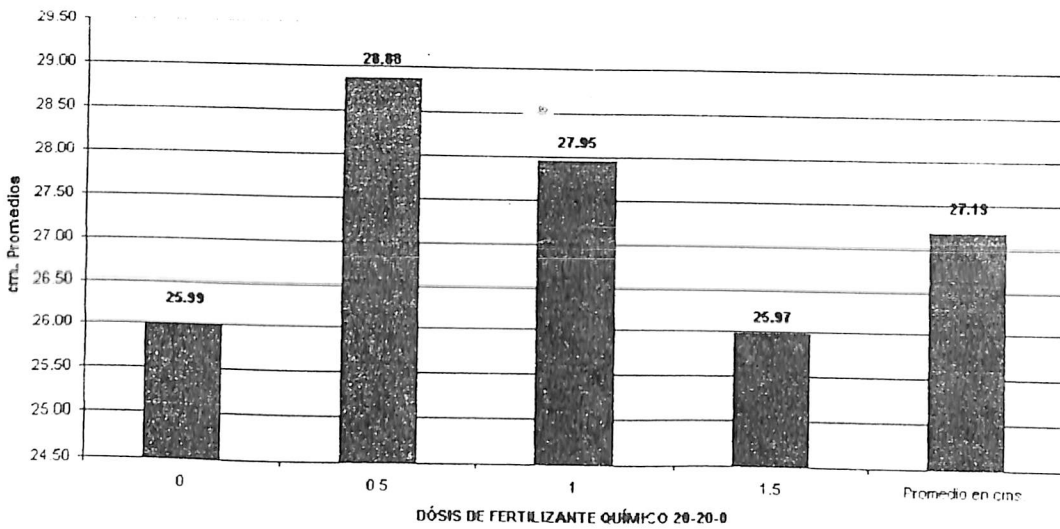
ii) Cuadro 27. Prueba de Tukey al 5%

Humus %	Suelo %	Media	Tukey
20	80	29.48	A
10	90	28.68	AB
30	70	27.59	AB
40	60	26.69	B
0	100	23.53	C
Media		27.19	

Gramos/planta	Media	Tukey
0.5	28.88	A
1	27.95	AB
0	25.99	B
1.5	25.97	B
Media	27.19	



iii) Figura 13. Altura de la planta (Cm) de las proporciones de lombricompost



iii) Figura 14. Altura de planta (Cm) de la fertilización disuelta.

i) DISCUSIÓN PARA LA VARIABLE NÚMERO DE TALLOS PLAGIOTRÓPICOS (NÚMERO DE CRUCES)

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre sí pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-00 por planta, fue el mejor estadísticamente, con 2.45 tallos plagiotrópicos.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras 15 y 16.

i) Cuadro 28. Análisis de varianza del número de tallos plagiotrópicos

Fuente Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F. Calc.		F Tabulada	
						5%	1%
Repetición	2	0.377	0.188	0.578	NS	3.25	5.21
Sustrato (A)	4	8.514	2.129	6.531	**	2.62	3.66
Fertilizante (B)	3	9.945	3.315	10.172	**	2.85	4.34
Interacción A*B	12	3.088	0.257	0.790	NS	2.02	2.69
Error Exp	38	12.384	0.326	1.000			
Total	59	34.307					

Coef. Variación 27.10%
 Error Típico de un prom. +/- 0.32958

** - Alta Significancia, * - Significancia, NS - No Significancia

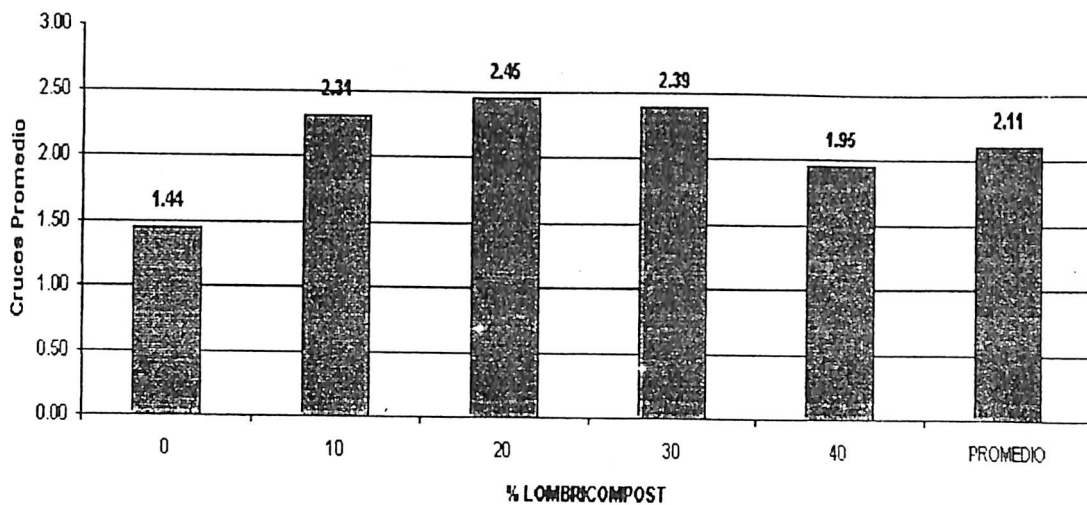
ii) Cuadro 29. Prueba de Tukey al 5%

Factor(A) Sustrato

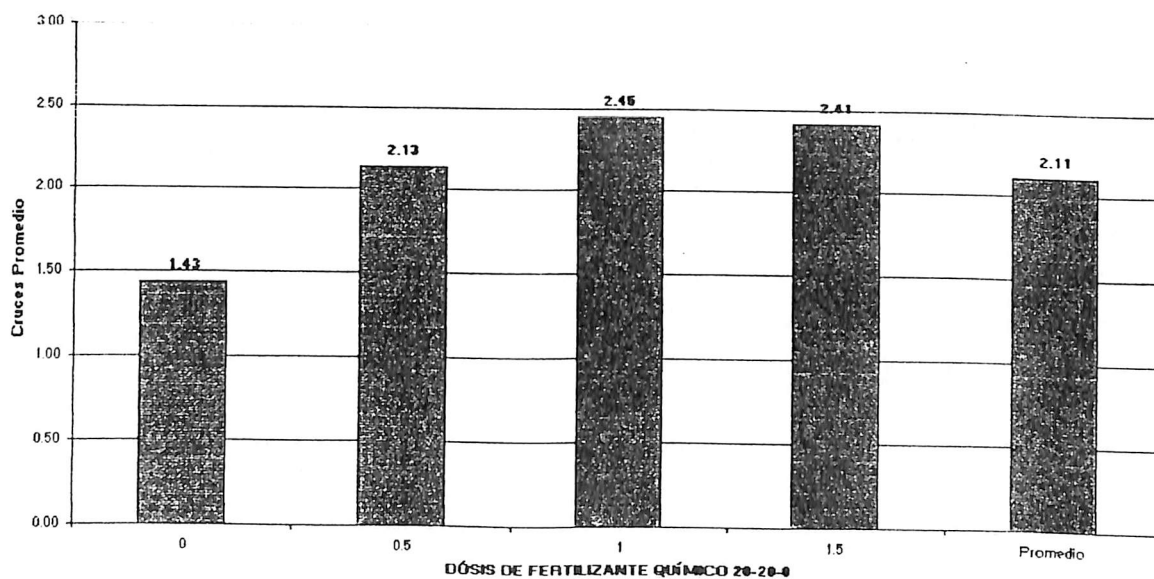
Humus %	Suelo %	Media	Tukey
20	80	2.45	A
30	70	2.39	A
10	90	2.31	A
40	60	1.95	AB
0	100	1.44	B
Media		2.11	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Gramos/planta	Media	Tukey
1	2.45	A
1.5	2.41	A
0.5	2.13	A
0	1.43	B
Media	2.11	



iii) Figura 15. Número de cruces por las distintas proporciones de lombricompost



iii) Figura 16. Número de cruces por la fertilización disuelta

j) DISCUSIÓN PARA LA BIOMASA EN BASE HÚMEDA DE LA ZONA RADICULAR EXPRESADA EN GRAMOS

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa, tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre sí pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 1.0 gramos de 20-20-00 por planta, fue el mejor estadísticamente, con 57.71 gramos.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras 17 y 18.

i) Cuadro 30. Análisis de varianza de peso en base húmeda de la raíz expresada en gramos

Fuente Variación	Gl	SC	CM	F	Prob	F Tabulada	
Repetición	2	231.00	115.50	1.659	NS	3.26	5.21
Sustrato (A)	4	2,418.77	604.69	12.279	**	2.62	3.06
Fertilizante (B)	3	1,331.24	443.75	6.375	**	2.05	4.24
Interacción A*B	12	1,436.56	119.71	1.720	NS	2.02	2.69
Error Exp	99	2,645.09	26.708	1.000			
Total	99	9,067.66					

Coef. Variación 16.43%
 Error Típico de un prom. +/- 4.81690

** - Alta Significancia, * - Significancia, NS - No Significancia

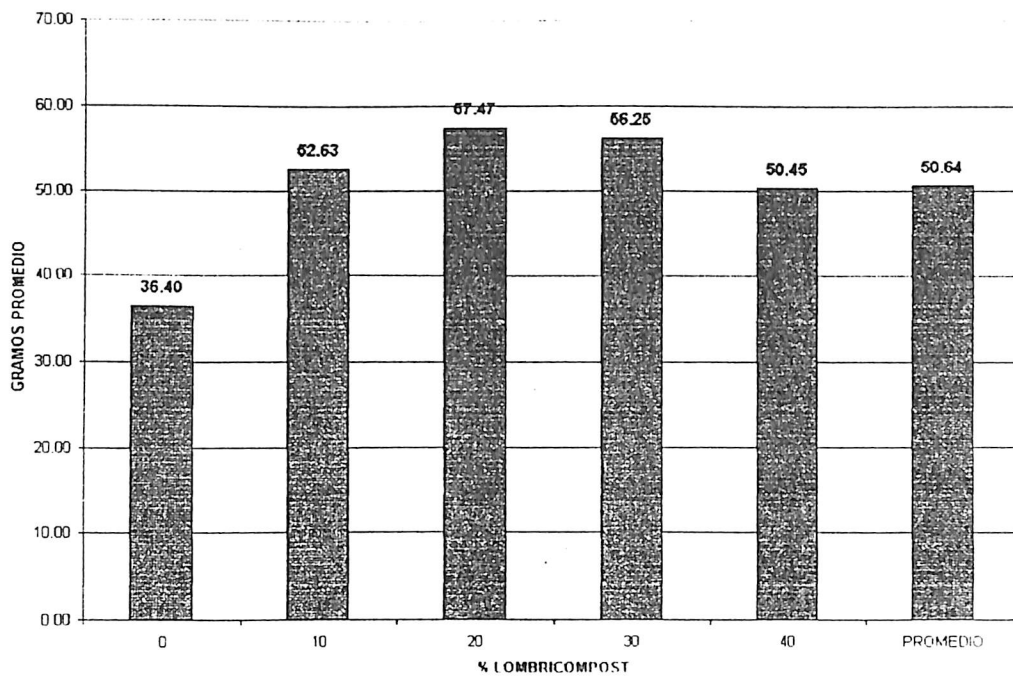
ii) Cuadro 31. Prueba de Tukey al 5%

Factor(A) Sustrato

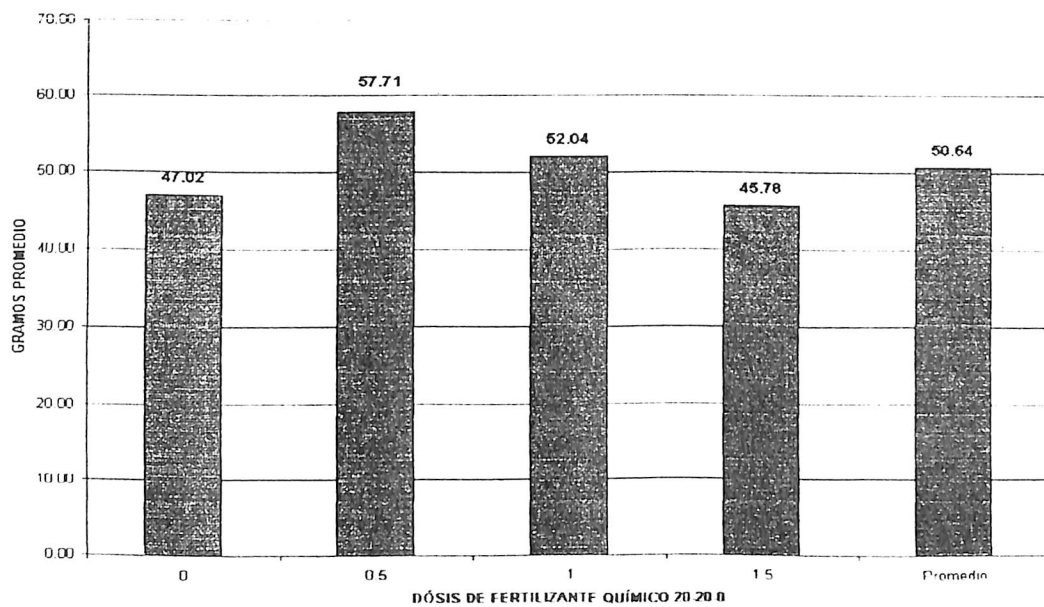
Humus %	Suelo %	Media	Tukey
10	90	57.47	A
40	60	56.25	A
30	70	52.63	A
0	100	50.45	A
20	80	36.40	B
Media		50.64	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Porcentaje/plant	Media	Tukey
1	57.71	A
1.5	52.04	AB
0	45.78	B
0.5	47.02	B
Media	50.64	



iii) Figura 17. Peso húmedo, de zona radicular de las proporciones de lombricompost



iii) Figura 18. Peso húmedo (gramos) de zona radicular de la fertilización disuelta.

k) DISCUSIÓN PARA LA BIOMASA EN BASE SECA DE LA ZONA RADICULAR EXPRESADA EN GRAMOS

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo, no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre si pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-00 por planta, fue el mejor estadísticamente, con 17.97 gramos.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras 19 y 20.

i) Cuadro 32. Análisis de varianza del peso en base seca de raíz expresada en gramos.

Fuente Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F. Calc.	F. Tabulada	5%	
						5%	1%
Repetición	2	71.36	35.68	5.181	**	3.25	5.21
Sustrato (A)	4	332.33	83.09	12.066	**	2.62	3.86
Fertilizante (B)	3	176.50	58.79	8.535	**	2.65	4.34
Interacción A*B	12	104.21	8.68	1.261	NS	2.02	2.69
Error Exp	36	261.67	6.866	1.000			
Total	59	945.96					

** - Alta Significancia, * - Significancia, NS - No Significancia

Coef. Variación 16.22%
Error Típico de un prom. +/- 1.51505

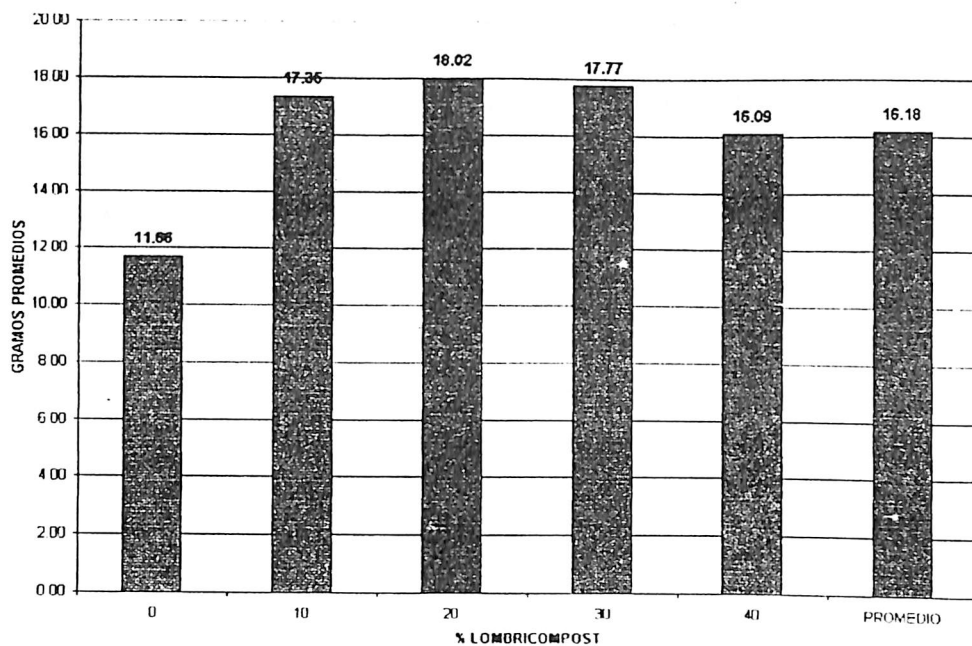
ii) Cuadro 33. Prueba de Tukey al 5%

Factor(A) Sustrato

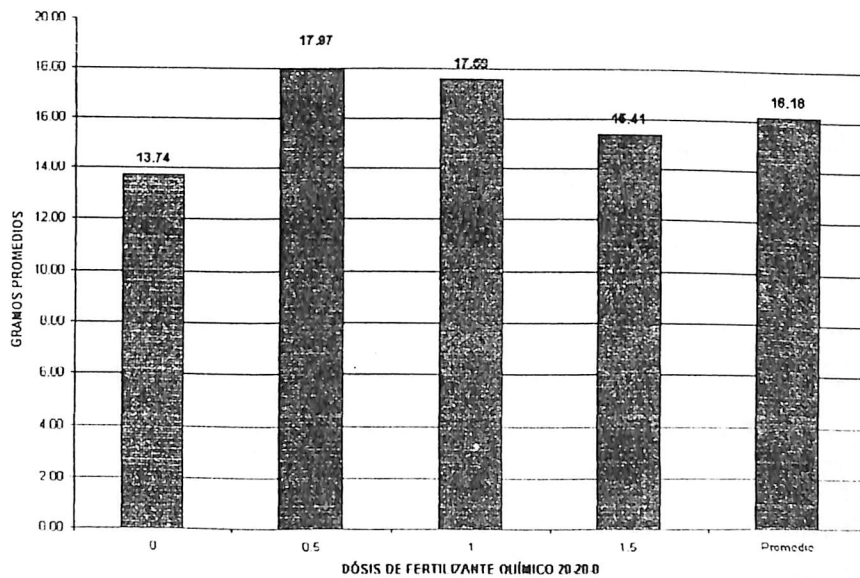
Húmus %	Suelo %	Media	Tukey
20	80	18.02	A
30	70	17.77	A
10	90	17.35	A
40	60	16.09	A
0	100	11.66	B
Media		16.18	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Porcentaje/plant	Media	Tukey
0.5	17.97	A
1	17.59	A
1.5	15.41	AB
0	13.74	B
Media	16.18	



iii) Figura 19. Peso seco, de zona radicular de las proporciones de lombricompost



iii) Figura 20. Peso seco de zona radicular de la fertilización disuelta.

1) DISCUSIÓN PARA LA BIOMASA EN BASE HÚMEDA DE LA PARTE AÉREA EXPRESADA EN GRAMOS

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo, no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre sí pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-00 por planta, fue el mejor estadísticamente, con 290.60 gramos.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras 21 y 22.

i) Cuadro 34. Análisis de varianza de la variable peso húmedo de la parte aérea expresada en gramos

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.Ce/ls		F Tabulada	
						5%	1%
Repetición	2	6,809.82	3,404.91	1.997	NS	3.25	5.21
Sustrato (A)	4	189,124.19	47,281.05	24.051	**	2.02	3.88
Fertilizante (B)	3	69,138.57	23,046.52	13.109	**	2.65	4.94
Interacción A*B	12	29,718.44	2,476.54	1.409	NS	2.02	2.60
Error Exp	38	85,803.00	2,257.974	1.000			
Total	59	341,591.02					

** = Alta Significancia, * = Significancia, NS = No Significancia

Coef. Variación 16.36%

Error Típico de un prom. ± 24.20728

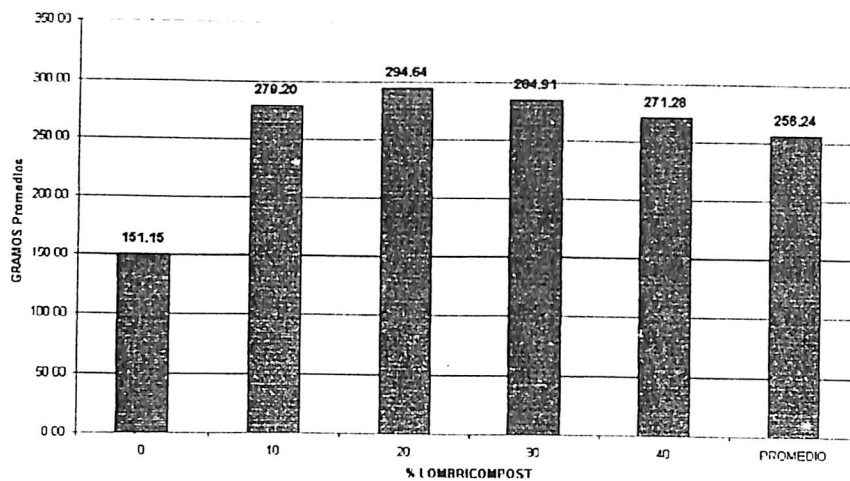
ii) Cuadro 35. Prueba del Tukey al 5%

Factor(A) Sustrato

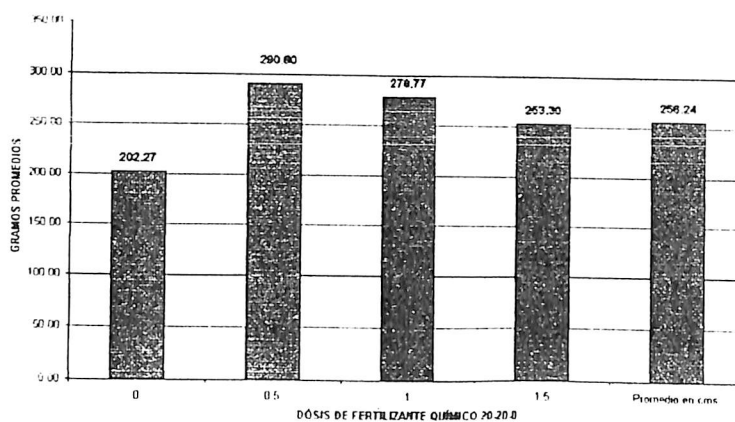
Humus %	Suelo %	Media	Tukey
20	80	294.64	A
30	70	284.91	A
40	60	279.20	A
0	100	271.28	A
10	90	151.15	B
Media		256.24	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Porcentaje/plan	Media	Tukey
0.5	290.60	A
1	278.77	A
1.5	253.30	A
0	202.27	B
Media		256.24



iii) Figura 21. Peso de la base húmeda en gramos de la parte aérea para las distintas proporciones de lombricompost



iii) Figura 22. Peso de la base húmeda en gramos de la parte aérea para la fertilización disuelta

m.) DISCUSIÓN PARA LA VARIABLE BIOMASA EN BASE SECA DE LA PARTE AÉREA EXPRESADA EN GRAMOS

i) El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los factores A y B, sustrato y fertilizante, respectivamente, sin embargo, no determinó significancia estadística para la interacción de los tratamientos, es decir sustrato por fertilizante.

Esto indica que al no tener interacción significativa tanto el factor A como el factor B actuaron independientemente.

ii) La prueba de Tukey, como medida de separación de medias para el factor A, comprobó que todas las proporciones de lombricompost son iguales entre sí pero superiores al tratamiento testigo, éste corresponde a cero por ciento de humus y 100 % de suelo.

Para el factor B que corresponde a las dosis de fertilizante disuelta en 50 cc, cuando se practicó la prueba de Tukey como medida de comparación de medias, el tratamiento que corresponde a la aplicación de 0.5 gramos de 20-20-00 por planta, fue el mejor estadísticamente, con 80.67 gramos.

iii) Las dos inferencias se aprecian en las figuras de barras 23 y 24.

i) Cuadro 36. Análisis de varianza del diámetro basal expresado en mm.

ANÁLISIS DE VARIANZA						F Tabulada	
Fuente Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.			
Repetición	2	331.11	165.56	0.914	NS	3.25	5.21
Sustrato (A)	4	9,249.91	2,312.48	12.765	**	2.62	3.66
Fertilizante (B)	3	4,267.05	1,422.35	7.661	**	2.65	4.34
Interacción A*B	12	2,892.94	241.08	1.331	NS	2.02	2.69
Error Exp	38	6,984.19	181.163	1.000			
Total	59	23,625.20					

** = Alta Significancia. * = Significancia. NS = No Significancia

Coef. Variación	18.62%
Error Típico de un prom. +/-	7.77%

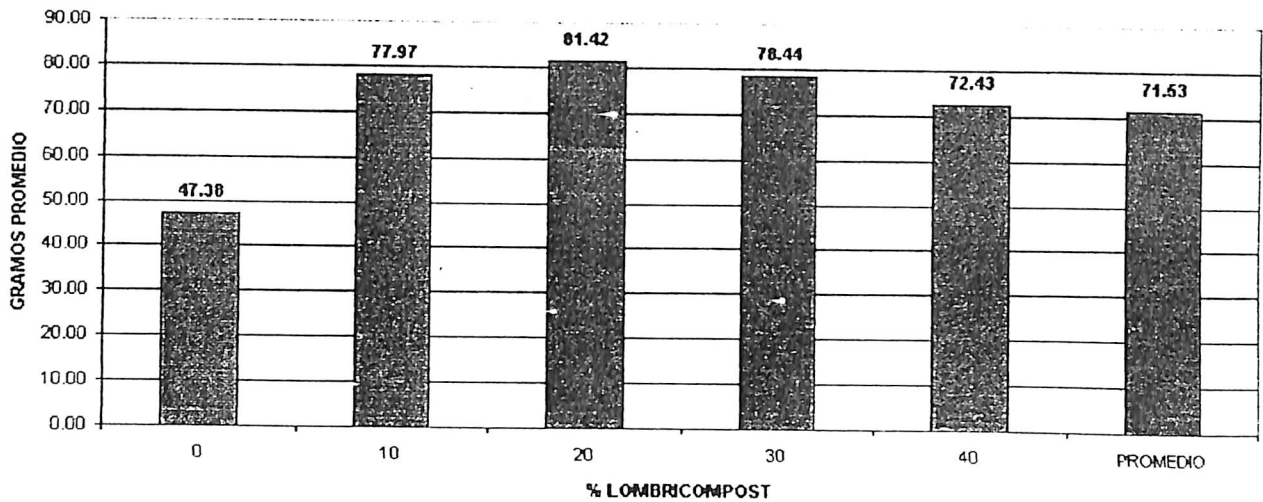
ii) Cuadro 37. Prueba de Tukey al 5%

Factor(A) Sustrato

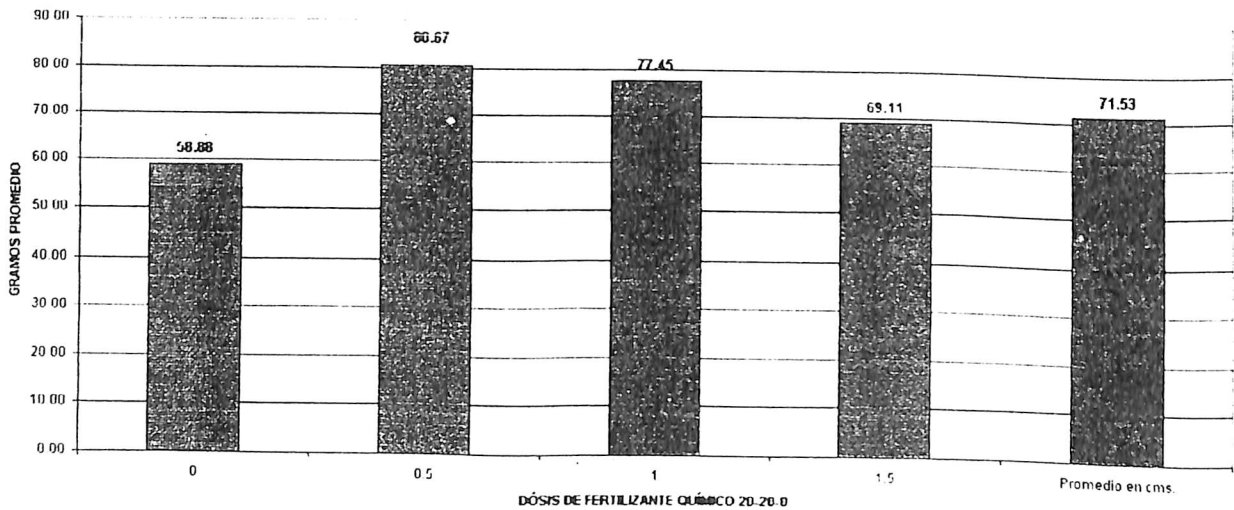
Humus %	Suelo %	Media	Tukey
10	90	77.97	A
20	80	81.42	A
30	70	78.44	A
40	60	72.43	A
0	100	47.38	B
Media		71.53	

Factor (B) FERTILIZACION DISUELTA EN 50 cc

Porcentaje/plant	Media	Tukey
0.5	80.67	A
1	77.45	A
1.5	69.11	AB
0	58.88	B
Media	71.53	



iii) Figura 23. Peso de la base seca en gramos de la parte aérea para las distintas proporciones de lombricompost



iii) Figura 24. Peso de la base seca en gramos de la parte aérea para la fertilización disuelta

n) COSTO DE PRODUCCIÓN

Cuadro 38. Costo de producción de 1000 plantas de almácigo de café injertado

	Actividad	Unidad Medida	Número Unidades	Valor Unitario	Valor Total	Observaciones
1	Semillero				70.00	
1.1	Preparación del Terreno, trazo, picado, tratamiento, siembra y cobertura	Jornal	1.59	25.08	39.90	
1.2	Riegos	Jornal	1.2	25.08	30.10	
2	Hechura de Almácigo				586.34	
2.1	Preparación del campo experimental de 6x20 metros.	Jornal	1	25.08	25.08	
2.1.1	Estracción de tierra negra	Jornal	0.5	25.08	12.54	
2.2	Preparación de la mezcla del sustrato	Jornal	0.5	25.08	12.54	
2.3	Llenado de bolsas	Bolsa	1000	0.04	40.00	
2.4	Trazo y colocado de las bolsas de experimento	Bolsa	1000	0.04	40.00	
2.5	Desinfestación y desinfección	Jornal	0.31	25.08	7.77	2.5 horas, util
	Sombra Muerta	Jornal	3	25.08	75.24	
2.6	Injertación	Injerto	0.09	1,000.00	90.00	
2.7	Trasplante	Plantas	1000	0.05	50.00	
2.8	Escardar	Bolsa	1000	0.03	30.00	
2.9	Fertilización	Jornal	1.75	25.08	43.89	2 hora/fertilizacion
2.1	Riegos	Jornal	1.75	25.08	43.89	2 hora/riego
2.11	Control Fitosanitario	Jornal	1.5	25.08	37.62	
2.12	Control de Malezas	Jornal	0.31	25.08	7.77	2.5 hors de trabajo
3	Insumos				911.40	455.4
3.1	Semillas	Libras	2	15.00	30.00	
3.2	Humus de Lombriz	metros cubicos	1.09	418.00	456.00	
3.3	Tierra negra, arenosa	metros cubicos	1	50.00	50.00	
3.4	Arena amarilla o blanca	metros cubicos				
3.5	Bolsas de polietileno 6"x10"x3ml. De grueso	Millar	1000	0.05	50.00	
3.6	Fertilizante 20-20-0 - 15-15-15	Quintal	0.1	1.10	11.00	
3.7	Fertilización foliares 20-20-20	Libras	1	35.00	35.00	
3.8	Bonrot	onza	1	15.00	15.00	
3.9	Carbufuran (furan, curater)	Kilo	1	24.00	24.00	
3.1	Alaclor	Litro	0.3	50.00	15.00	
3.11	Orthocide (captan)	Libras	2	20.00	40.00	
3.12	Folpet 480 (folpan)	Litros	1	35.00	35.00	
3.13	Transporte	Fletes	1	188.00	150.40	

Cuadro 42. Gastos administrativos

		Con humus	Sin Humus
Mano de Obra		Q.586.34	Q.586.34
Insumos		Q.911.40	Q.455.40
COSTOS DIRECTOS		Q1,497.74	Q1,041.74
Pasivo Laboral		8.33%= Q48.84	Q48.84
Bono 14		8.33%= Q48.84	Q48.84
Aguinaldo		8.33%= Q48.84	Q48.84
Vacaciones		4.17%= Q24.45	Q24.45
IGSS		6.5%= Q38.11	Q38.11
Imprevisto		10% Q149.77	Q104.17
Administración		10% Q149.77	Q104.17
Gastos financieros		21% Q421.34	Q306.42
Total costos indirectos		Q929.96	Q723.84

Cuadro 43. Resumen de costo administrativo

Resumen	Con Humus	Sin Humus	% con Humus	% sin Humus
GASTO DIRECTO	1,497.74	1,041.74	61.7	59
GASTO INDIRECTO	929.96	723.84	38.3	41
TOTAL DE GASTOS	2,427.70	1,765.58	100	100

Valor de la planta de café injertado en etapa de almácigo

- 4% estimado de plantas de rechazo igual a 40 plantas
- Plantas efectivas 960
- Valor Unitario (V.U.) costos Directos más Indirectos dividido número de plantas
- V.U. con Humus = $2427.7 / 960 = 2.53$
- Sin Humus = $1633.74 / 960 = Q 1.84$

Valor de la planta de café injertado con las diferentes proporciones de Lombricompost.

Valor con 0% Humus	10% Humus	20% Humus	30% Humus	40% Humus	
Q1.84	Q1.84	Q1.84	Q1.84	Q1.84	
Q0.00	Q0.19	Q0.38	Q0.57	Q0.76	
Valor Total	Q 1.84	Q2.03	Q2.22	Q2.41	Q2.60

10 CONCLUSIONES

- a) Las proporciones de lombricompost 10 y 20% son los mejores tratamientos para el sustrato y el desarrollo de las variables en estudio: biomasa total en base húmeda, diámetro basal del tallo ortotrópico, altura de la planta, número de ejes plagiotrópicos o número de cruces.
- b) Las dosis 0.5 y 1.0 gramos por planta en la fertilización disuelta aplicando 50 cc. respectivamente, son los mejores tratamientos para las variables en estudio: biomasa total en base húmeda, diámetro basal del tallo ortotrópico, altura de la planta, número de ejes plagiotrópicos o número de cruces.
- c) No se encontró interacción entre ambos factores. Lo que implica que estos se comportaron de manera independiente.
- d) La dosis 0.5 gramos de fertilizante por planta (T-16) presentó los mayores rendimientos en la biomasa total seca y húmeda, diámetro basal del tallo ortotrópico y altura de la planta.
- e) El costo de las proporciones de lombricompost son para el 10% es Q 0.19, para el 20% es Q.0.38, para el 30% es Q.0.57 y para el 40% de lombricompost es Q.0.76.
- f) El costo de producción de las plantas de café injertado con la proporción del 20% de lombricompost que corresponde a Q 2.22 dio las mejores respuestas de las variables objeto de estudio.

11 RECOMENDACIONES

- a) Para la producción de plantas de café en etapa de almácigo, utilice el 20% de humus de lombriz y 80 % de suelo en el substrato para el llenado de la bolsa. Con lo anterior, se obtendrá un mejor desarrollo de diámetro basal del tallo ortotrópico, altura de la planta, mayor número de tallos plagiotrópicos o número de cruces, y más peso en gramos de la biomasa total en base húmeda; que los otros tratamientos y el testigo.

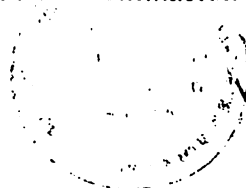
- b) Para la fertilización química disuelta utilice el 1% de concentración, de la fórmula 20-20-00 y de ésta solución aplique 50 centímetros cúbicos por bolsa. Con esta dosis aplicamos 0.5 gramos del fertilizante por bolsa, así la planta responderá con un mejor desarrollo de diámetro basal, altura de la planta, número de tallos plagiotropicos o número de cruces y mayor peso en biomasa total húmeda y seca.

- c) En forma general se recomienda la combinación de 20% de humus de lombriz, mas la aplicación de la fórmula 20-20-00, a una concentración del 1%, utilizando 50cc por bolsa; lo que corresponde a 0.5 gramos por bolsa.

12 BIBLIOGRAFIA

1. ARANDA, E. 1989. Perspectiva de la utilización de lombrices en la transformación de pulpa de café en abono orgánico. México, Instituto Mexicano del Café. Boletín Técnico de Café. 8 p.
2. ARISTIZABAL P., C.A.; MONTOYA S, E.A. 1991. La lombriz de tierra como alternativa en la transformación de la pulpa de café. Tesis: Lic. Zootecnista. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 88 p. (<http://ciat-library.ciat.cgiar.org/per/cenife.htm>).
3. CARDONA, D. 1991. Introducción a la edafología. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales. 254 p.
4. CASTELLON BENAVIDES, J.U. 1999. Usos de abonos orgánicos y sombra para almácigos de café orgánico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa. Rica, CATIE, Escuela de Post Grado, Programa para la Conservación y el Desarrollo. p. 5-8.
5. COMPAGNONI, L.; PUTZOLU, G. 1990. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Barcelona, España, Vecchi. 25 p.
6. DAVILA A., M.T.; ARANGO B., L.G. 1991. Utilización de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*, Sav.) en el proceso de descomposición de la pulpa de café. (<http://ciat-library.ciat.cgiar.org/per/cenicafe.htm>).
7. DONAHUE, R.L. ; MILLER; R.W. ; SHICKLUNA, J.C. 1987. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México, Prentice Hall. p. 142.
8. ESCOBAR ALFARO, J.O. 1983. Evaluación de números de posturas por hileras en almácigos de café sembrado en experimental, bajo condiciones de la finca San José el Valentón, Villa Canales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 63 p.
9. FONDO PARA LA REINSERCIÓN LABORAL PRODUCTIVA. 1998. Clasificación de tierra, finca La Guardiania. Guatemala. 39 p.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1983. Diccionario geográfico en Guatemala. Guatemala. tomo 4, p. 306-308.
11. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1977. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja cartográfica Patulul, número 1959 II. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.
12. -----, 1980. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja cartográfica Alotenángo, número 2059 III. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.

13. ----- . 1983. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja cartográfica Chimaltenánigo, número 2164 IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
14. HOLDRIDGE, L. 1959. Zonificación ecológica de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional, s.p.
15. IXCOT GONZÁLEZ, C.A. 1995. Transformación de la pulpa de café en compost, utilizando la lombriz coqueta roja (Eisenia foetida) y un degradador enzimático de rastros. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80 p.
16. LOPEZ DE LEON, E.E. et al. 1998. Fertilidad y fertilizantes. En: Manual de caficultura. Guatemala, ANACAFE. p. 113-135
17. ----- . 1999. Conversión de la pulpa de café en abono orgánico. En: Notas técnicas de la caficultura. Guatemala, ANACAFE. p.125
18. MARTINES CERDAS, C. 1997. Potencial de la lombricultura. México, Empresa Lombricultura Técnica. p. 36
19. MEDINA, B. 1999. Diagnóstico sobre el manejo de los subproductos del beneficiado de café. Guatemala, ANACAFE. p. 12, 13.
20. NEW BIOTEC. s.f. Humus compuesto de lombriz abono orgánico 100% natural. Guatemala. 1 p.
21. RAMOZ ZAVALA, J.M. 1994. Curso de entrenamiento de vermicomposteo. Chiapas, México, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sur Este. p. 21-23.
22. RAVERA. A.R.; SANZO, C.A. DE. 1999. Como criar lombrices rojas californianas. Buenos Aires, Argentina, Programa de Autosuficiencia Regional. p. 17-20-de-43. (<http://visitweb.Com./lombriz>).
23. RODRÍGUEZ, A.R.; PINEDA, C.R. 1997. Producción y calidad y abono producido y por medio de Eisenia foetida Sav. (lombriz roja californiana) su capacidad reproductiva en tres densidades y seis sustratos. (<http://ciat-library.ciat.cgiar.org/perl/cenicafe.htm>).
24. SALAZAR A., J.N. 1992. La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café. (<http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/perl/cenicafe.htm>).
25. TECNOLOGÍA ALTERNATIVA (Gua.) 1994. Fertilización orgánica. 3 ed. Guatemala. 113 p.



Vo. Bo. Rolando Barrios.

13 ANEXO

1A. Interacciones del diámetro (mm.) de las proporciones de lombricompost

Humus	Lecturas							
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
0	1.56	1.53	1.68	1.96	2.4	2.64	3.04	3.57
10	1.64	1.78	2.1	2.45	2.89	3.24	3.66	4.41
20	1.72	1.79	2.12	2.47	2.96	3.32	3.73	4.47
30	1.7	1.71	2.06	2.29	2.74	3.07	3.46	4.2
40	1.6	1.62	1.85	2.18	2.51	2.91	3.31	3.93

Diámetro basal del tallo ortotrópico expresada en milímetros, se realizaron 8 lecturas, a partir del mes de octubre de 2000 a mayo de 2001 la primera lectura fue tomada a los 64 días después del trasplante en la unidad experimental con la ayuda de un medidor de diámetros Vernier tomándose la medida a 7 centímetros del cuello del tallo de la planta repitiendo cada 30 días.

2A. Interacciones del diámetro del tallo (mm) de la fertilización disuelta

Dosis g/p	Lecturas del diámetro basal del tallo ortotrópico.							
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
0	1.55	1.51	1.72	1.98	2.36	2.68	3.16	3.81
0.5	1.69	1.75	2.02	2.35	2.38	3.23	3.63	4.4
1	1.63	1.74	2.05	2.38	2.79	3.15	3.5	4.19
1.5	1.71	1.74	2.05	2.37	2.85	3.08	3.47	4.06



3A. Interacciones de la altura (Cm) de las proporciones de lombricompost.

Lecturas								
Humus	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
0	10.1	11.1	11.59	13.01	14.26	16.92	18.97	23.53
10	10.31	12.53	13.73	15.86	17.41	21.78	25.06	28.68
20	10.3	12.57	13.79	15.91	17.86	21.79	24.6	29.48
30	10.52	12.14	13.35	15.08	16.93	20.47	23.4	27.59
40	9.89	11.89	12.48	14.38	16.57	20.47	22.75	26.69

Se aprecia en éste cuadro, que la proporción que reporto mayor altura en todos los meses fue la de 20% de humus de lombricompost, la otra proporción que mostro una buena respuesta en la altura de las plantas fue la de 10% del mismo humus.

4A. Dosis de fertilización en gramos por planta

Lecturas.								
Dosis g/p	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
0	9.83	11.32	11.86	13.45	15.39	18.59	21.46	25.99
0.5	10.42	12.14	13.48	15.49	17.42	21.3	24.36	28.88
1	10.24	12.43	13.26	15.26	16.95	20.56	23.26	27.95
1.5	10.43	12.29	13.35	15.18	16.67	20.71	22.74	25.97

Se aprecia en éste cuadro, que la dosis que reporto mayor altura en todos los meses fue de 0.5 gramos por planta en la fertilización disuelta, otra dosis que mostro una buena respuesta en la altura de las plantas fue la de 1.0 gramo por planta de la formula 20-20-00.



**FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS**


LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE 5 PROPORCIONES DE LOMBRICOMPOST CON SUELO Y 4 DOSIS DEL FERTILIZANTE QUIMICO 20-20-00 PARA LA PRODUCCION DE PLANTAS DE CAFE Coffea arabica L. EN LA ETAPA DE ALMACIGO, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO".

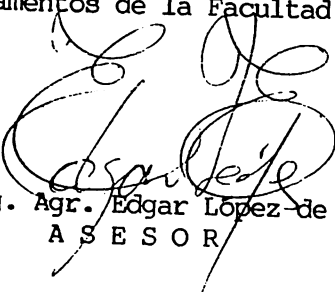
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: FIDEL RAXCACO GONZALEZ



CARNET No: 8314100

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edgar Amílcar Martínez Tambito
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
Ing. Agr. Willy Alfredo Quintana Roca

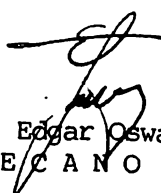
Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. Fredy Hernández Ola
A S E S O R


Ing. Agr. Edgar López de León
A S E S O R



Dr. Ariel Abderramán Ortíz López
DIRECTOR DEL IIA.

I M P R I M A S E


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O



cc: Control Académico IIA.
Archivo APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: ilusac.edu.gt & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>