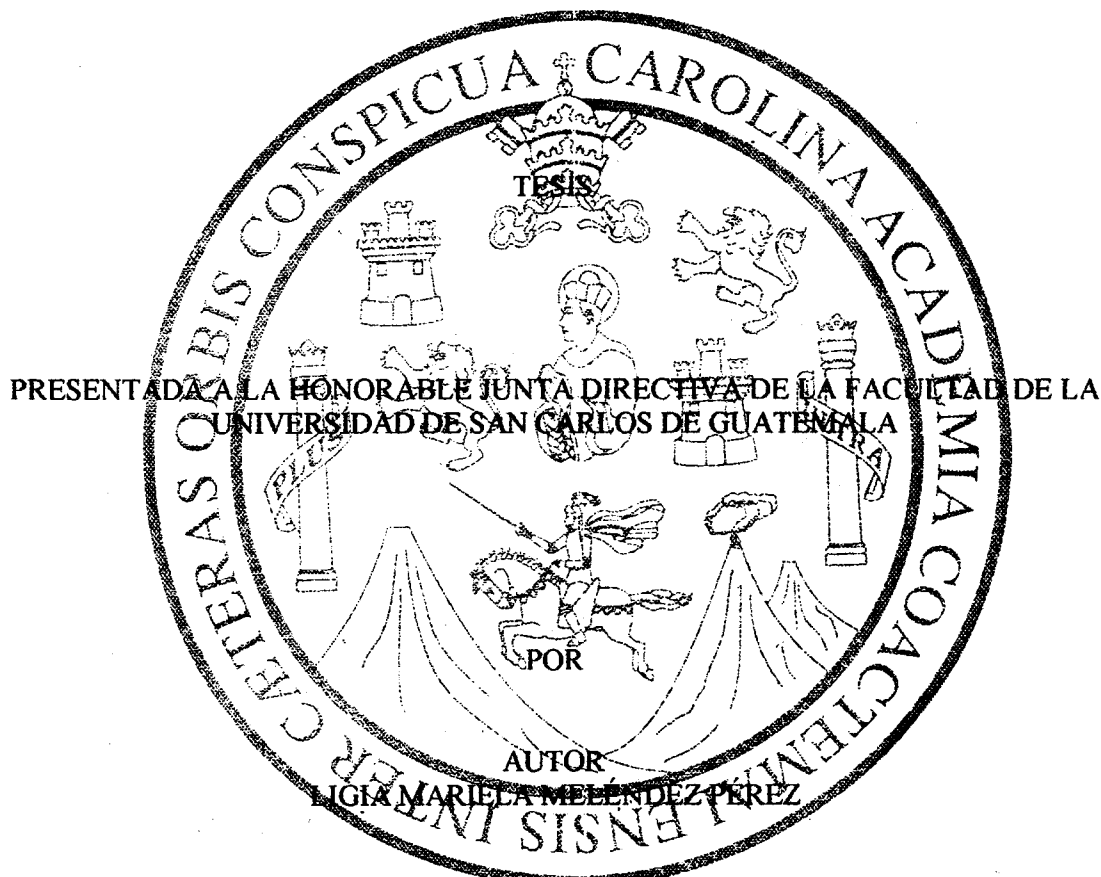


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS (ME), EN DIFERENTES  
DILUCIONES Y FRECUENCIAS DE VOLTEO SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN DE PULPA DE  
CAFÉ, SAN MIGUEL DUEÑAS, SACATEPEQUEZ



EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2004.

DL  
01  
T(2235)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. MV. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	DR.	ARIEL ABERRAMÁN ORTIZ LÓPEZ
VOCAL PRIMERO	ING. AGR.	ALFREDO ITZEP MANANUEL
VOCAL SEGUNDO	ING. AGR.	MANUEL DE JESÚS MATÍNEZ OVALLE
VOCAL TERCERO	ING. AGR.	ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ
VOCAL CUARTO	Prof.	JUVENCIO CHOM CANIL
VOCAL QUINTO	Prof.	BYRON GEOVANY GONZÁLEZ CHAVAJAY
SECRETARIO	ING. AGR.	PEDRO PELÁEZ REYES

Guatemala, noviembre 2004

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores Miembros:

De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS (EM), EN  
DIFERENTES DILUCIONES Y FRECUENCIAS DE VOLTEO SOBRE LA  
DESCOMPOSICIÓN DE PULPA DE CAFÉ, SAN MIGUEL DUEÑAS,  
SACATEPEQUEZ**

Como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para la aprobación, me suscribo,

Atentamente,



Ligia Mariela Melendez Pérez

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:** Todo poderoso y eterno, fuente infinita del bien y amor, por acompañarme a cada paso de mi vida.

**VIRGEN MARIA:** Por su amor, protección divina y luz en momentos difíciles.

**MIS PADRES:** Mario Meléndez y Maria Elena Pérez de Meléndez, eterna gratitud, por su sacrificio, apoyo incondicional, por su amor, comprensión, confianza y sabios consejos que siempre me alentaban a alcanzar esta meta.

**MI HERMANA:** Glenda Roxana Meléndez Pérez, gracias por su apoyo y cariño.

**MI FAMILIA:** Meléndez y Pérez con mucho cariño.

**MIS AMIGOS EN GENERAL** en especial a **Pablo Toledo** con mucho cariño y respeto.

**TESIS QUE DEDICO**

**DIOS**

**VIRGEN MARIA**

**MI PATRIA GUATEMALA**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MI EVALUADOR, Edgar Martínez Tambito.**

**A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN MI FORMACIÓN**

## AGRADECIMIENTOS

Con todo cariño y admiración a Ing. Edgar Martínez Tambito y a Ing. Omar Samayoa, por su colaboración incondicional en la ejecución del presente trabajo, con especial admiración y respeto.

La finca y beneficio "ENTRE VOLCANES" por la oportunidad y apoyo de haber realizado la presente investigación en sus instalaciones.

## INDICE

Contenido	Página
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	9
4. MARCO TEÓRICO.....	10
4.1 MARCO CONCEPTUAL.....	10
4.1.1 La pulpa de café.....	10
4.1.1.1 Composición Química de la pulpa.....	10
4.1.2 Materia Orgánica.....	12
4.1.3 Descomposición de la Materia Orgánica y sus factores.....	13
4.1.3.1 La Relación Carbono-Nitrógeno.....	13
4.1.3.2 Microorganismos.....	14
4.1.3.3 Acidez y Alcalinidad (pH).....	14
4.1.3.4 Temperatura.....	15
4.1.3.5 Humedad.....	15
4.1.3.6 Aireación.....	16
4.1.4 Microorganismos Efectivos o ME.....	16
4.1.4.1 Microorganismos Útiles.....	17
4.1.5 Principales Microorganismos en ME y su acción en el suelo.....	17
4.1.6 Beneficios de usar ME.....	19
4.1.7 Desarrollo de ME (Microorganismos Efectivos).....	21
4.1.8 Cosecha y Calidad.....	22
4.1.8.1 Aplicación de ME en producción animal.....	22
4.1.8.2 Aplicación de ME en Forestales.....	22
4.1.8.3 Agricultura Integrada.....	23
4.1.8.4 Aplicación de ME en problemas ambientales.....	23
4.2 MARCO REFERENCIAL.....	24
4.2.1 Ubicación Geográfica.....	24
4.2.2 Extensión.....	24
4.2.3 Capacidad Instalada del Beneficio.....	24
4.2.4 Estudios realizados.....	24
5. OBJETIVOS.....	26
6. HIPÓTESIS.....	27
7. METODOLOGÍA.....	28
7.1 Sitio Experimental.....	28

7.2 Material e Insumos.....	28
7.3 Tratamientos.....	28
7.4 Unidad Experimental.....	29
7.5 Modelo Estadístico.....	30
7.5.1 Aleatorización.....	30
7.6 Manejo del Experimento.....	31
7.6.1 Preparación del área.....	31
7.6.2 Preparación de ME (Microorganismos Efectivos).....	31
7.6.2.1 Solución Madre.....	31
7.6.2.2 Activación de ME (Microorganismos Efectivos).....	31
7.6.2.3 Proceso de Preparación.....	32
7.6.2.4 Diluciones.....	32
7.6.2.5 Aplicación de ME (Microorganismos Efectivos activados).....	33
7.6.2.6 Frecuencias de Volteo.....	33
7.6.2.6 Toma de Datos.....	33
7.7 Variables de Respuesta.....	33
7.8 Análisis de la información.....	34
7.8.1 Prueba de Normalidad.....	34
7.8.2 Análisis Estadístico.....	34
7.8.3 Prueba de Medias.....	35
7.8.4 Análisis Químico.....	35
7.8.5 Análisis Físico.....	35
7.8.6 Análisis Económico.....	35
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
8.1 Concentración de Nutrientes en el Sustrato.....	36
8.1.1 Potasio (K).....	36
8.1.2 Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn).....	37
8.1.3 Fósforo (P).....	39
8.1.4 Magnesio (Mg.).....	40
8.1.5 Potencial Hidrógeno (pH).....	41
8.1.6 Temperatura.....	42
8.2 Nitrógeno, Relación C/N y Materia Orgánica.....	44
8.3 Análisis Económico.....	45
9. CONCLUSIONES.....	46
10. RECOMENDACIONES.....	47
11. BIBLIOGRAFIA.....	48
APENDICE.....	50



Arreglo Combinatorio 4x3..... 51

Prueba de medias para el Arreglo Combinatorio 4 x 3 (Tukey)..... 54

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo.....	29
Cuadro 2.	Distribución de las Unidades Experimentales.....	31
Cuadro 3.	Niveles de Significancia de los cuadros de varianza para variables del análisis físico-químico de los tratamientos.....	37
Cuadro 4.	Análisis químico para Abono Orgánico, por el Laboratorio de Asociación Nacional del café (ANACAFE).....	45
Cuadro 5.	Datos de rentabilidad y relación beneficio / costo para todos los tratamientos.....	46
Cuadro 6A.	Análisis de Varianza para la variable Relación C/N.....	51
Cuadro 7A.	Análisis de Varianza para la variable Materia orgánica.....	51
Cuadro 8A.	Análisis de Varianza para la variable pH.....	52
Cuadro 9A.	Análisis de Varianza para la variable Temperatura.....	51
Cuadro 10A.	Análisis de Varianza para la variable Humedad.....	52
Cuadro 11A.	Análisis de Varianza para la variable Nitrógeno.....	52
Cuadro 12A.	Análisis de Varianza para la variable P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	52
Cuadro 13A.	Análisis de Varianza para la variable K <sub>2</sub> O.....	52
Cuadro 14A.	Análisis de Varianza para la variable CaO.....	52
Cuadro 15A.	Análisis de Varianza para la variable MgO.....	53
Cuadro 16A.	Análisis de Varianza para la variable Zinc.....	53
Cuadro 17A.	Análisis de Varianza para la variable Manganeseo.....	53
Cuadro 18A.	Análisis de Varianza para la variable Hierro.....	53
Cuadro 19A.	Análisis de Varianza para la variable Cobre.....	53
Cuadro 20A.	Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable pH.....	54
Cuadro 21A.	Prueba de medias para el Factor A diluciones de ML) la variable Temperatura.....	54
Cuadro 22A.	Prueba de medias para el Factor B (Frecuencia de volteo) la variable Temperatura.....	54
Cuadro 23A.	Prueba de medias para el Factor AB (Interacción) la variable Temperatura.....	55
Cuadro 24A.	Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	55

Cuadro 24A. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable P2O5.....	55
Cuadro 25A. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable K2O4.....	55
Cuadro 26A. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable MgO.....	55
Cuadro 27A. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable Manganeso.....	56
Cuadro 28A. Prueba de medias para el Factor B (Frecuencias de volteo) la variable Manganeso.....	56
Cuadro 29A. Prueba de medias para el Factor AB (Interacción) la variable Manganeso.....	56
Cuadro 30A. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable Hierro .....	56
Cuadro 31A. Prueba de medias para el Factor B (Frecuencias de volteo) la variable Hierro.....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Potasio (%) en pulpa de café tratada con ME en diferentes diluciones.....	37
Figura 2. Hierro (ppm) en pulpa de café tratada con ME a diferentes diluciones.....	38
Figura 3. Hierro (ppm) en pulpa de café tratada con diferentes frecuencias de volteo.....	38
Figura 4. Manganeso (ppm) en pulpa de café tratada con ME en diferentes diluciones Y diferentes frecuencias de volteo.....	39
Figura 5. Fósforo (%) en pulpa de café tratada con ME a diferentes diluciones.....	40
Figura 6. Magnesio (%) en pulpa de café tratada con ME con diferentes diluciones.....	41
Figura 7. pH en pulpa de café tratada con ME con diferentes diluciones.....	42
Figura 8. Temperatura (grados centígrados) en pulpa de café tratada con ME en Diferentes diluciones y diferentes frecuencias de volteo.....	43

Evaluación del efecto de Microorganismos Efectivos (ME), en diferentes diluciones y frecuencias de volteo sobre la descomposición de pulpa de café, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.

Evaluation of the effect of Effective Microorganism (EM), in different dilutions and frequencies of overturning on the decomposition of coffee pulp, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.

La pulpa es el subproducto más abundante en el beneficiado de café, presenta una descomposición lenta, debido a falta de manejo, no tiene aireación, no se le aplica ningún tratamiento para acelerar el proceso de degradación y enriquecerla. La misma tarda en degradarse entre 10 y 12 meses.

Los microorganismos efectivos (ME), es la mezcla de varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, son hongos, levaduras, actinomicetes, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas. Son usados en procesos de fermentación de alimentos humanos y animales. Por eso son totalmente seguros para seres humanos y animales. Por está razón el objetivo principal del presente es evaluar el efecto de los microorganismos efectivos en combinación con varias frecuencias de volteo (aireación), como degradador de pulpa de café.

En el experimento se utilizaron 4 diluciones de microorganismos efectivos; dilución 1:1, 1:10, 1:50, 1:100 y un testigo relativo únicamente con agua y con respecto a las frecuencias de volteo, estas se hicieron cada cuatro, ocho y doce días respectivamente.

La investigación se realizo en el beneficio "Entre Volcanes", San Miguel Dueñas Sacatepéquez, se utilizó como unidad experimental 45 montículos de pulpa de 0.75 toneladas cada una, el diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con un arreglo combinatorio 4\*3.

Las variables de respuesta evaluadas fueron de dos tipos químicas y físicas, dentro de las químicas y de laboratorio: Relación C/N, materia orgánica, elementos mayores (N,P,K), elementos menores (Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, Magnesio y Calcio) y Potencial de Hidrógeno (pH) y dentro de las variables físicas encontramos; la Humedad y la Temperatura, para dar un total de 14 variables.

Los resultados obtenidos, el tratamiento que presento mejores resultados fueron con una dilución 1:50 y agua con frecuencia de volteo cada 12 días, presentaron características de calidad comercial igual que las del lombricompost, pero a más bajo costo y con mayor rentabilidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pulpa es el mayor subproducto del beneficiado húmedo del café y constituye el 40% del fruto en cereza. La pulpa como subproducto del beneficiado de café presenta una descomposición lenta, debido a falta de manejo, no tiene aireación, no se le aplica ningún tratamiento para acelerar el proceso de degradación y enriquecerla (1).

El sector agrícola y en particular la caficultura, hoy en día atraviesa muchas dificultades y solucionarlos a través de sistemas convencionales no está al alcance de todos. En busca de soluciones para aprovechar la pulpa de café, la cual es la más abundante en el beneficiado del café, se ha propuesto en acelerar el proceso de degradación de la pulpa, ya que ésta contiene los nutrientes necesarios para que las plantas se desarrollen adecuadamente.

Esta investigación evaluó una alternativa para la degradación y utilización de la pulpa, a través de diferentes diluciones de Microorganismos Efectivos (ME) y que conjuntamente con diferentes frecuencias de volteo, se pretendió acelerar el proceso de descomposición; el cual sin manejo tarda entre 10 y 12 meses en descomponerse. Los Microorganismos Efectivos consisten en un cultivo múltiple de microorganismos de la naturaleza capaces de coexistir con los microorganismos principales (9).

La investigación se llevó a cabo en el beneficio Entre Volcanes, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, a 1500 msnm. El estudio buscó determinar si las distintas diluciones y frecuencias de volteo aceleraban la degradación de la pulpa de café. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio; diferentes diluciones de Microorganismos Efectivos y diferentes frecuencias de volteo incluyendo un testigo.

Según los resultados obtenidos la elaboración de un abono orgánico a base de diluciones de Microorganismos Efectivos y Frecuencias de volteo es una buena alternativa en la producción de abono.

Los tratamientos sobresalientes fueron las diluciones entre 1:10 y 1:100 con una frecuencia de volteo cada doce días, las cuales obtuvieron en el análisis químico un alto contenido en nutrientes y una rentabilidad adecuada.

Los demás tratamientos presentaron un buen comportamiento en cuanto a nutrimentos y una aceptable rentabilidad.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La pulpa como subproducto del beneficiado de café presenta una descomposición lenta, debido a falta de manejo, no tiene aireación, no se le aplica ningún tratamiento para acelerar el proceso de degradación y enriquecerla. La misma tarda en degradarse entre 10 y 12 meses.

Los Microorganismos Efectivos, pueden acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica (Shintani, 1999), y podrían utilizarse en subproductos como la pulpa de café. Los Microorganismos Efectivos, tienen una acción rápida y efectiva, así mismo tienen la habilidad de lograr degradar residuos sólidos. El método general usado consiste en aplicarlos a la materia orgánica, que en éste caso sería la pulpa fresca. Los Microorganismos Efectivos liberan sustancias solubles benéficas como aminoácidos, azúcares, alcoholes, hormonas y compuestos orgánicos similares para el suelo.

Los Microorganismos Efectivos, son un producto que se caracteriza por provocar una rápida descomposición y degradación de la materia orgánica; no tienen mal olor y evitan la contaminación que generan materiales como la pulpa de café. Al aplicarlos a la pulpa y proporcionarles aireación, el proceso de descomposición podría acelerarse. Así mismo contribuiría en la reducción de la contaminación que la pulpa genera y otros problemas como la proliferación de moscas, mal olor, etc. La información generada puede servir de referencia para otros beneficios de café en Guatemala.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

#### 4.1.1 La pulpa de café

La Asociación Nacional del Café indica que los residuales orgánicos, tanto sólidos como líquidos, son de muy difícil descomposición final por su carácter de contaminantes del medio ambiente, sin embargo, el mejor tratamiento para cualquiera de estos elementos es su conversión en productos que puedan volverse a incorporarse a la naturaleza en forma reciclada como abono orgánico (1).

La agricultura moderna con el uso de químicos ha producido resultados definitivos. Estos sistemas han podido producir altas cosechas como evidencia de la revolución verde, pero bajo un alto costo. Reportes recientes del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz ilustran claramente esto (16).

Las cosechas en parcelas tratadas con agroquímicos continuamente y por un largo tiempo, están declinando rápidamente (16). Reportes similares son encontrados en los países en desarrollo donde los agricultores usan agroquímicos sin precaución (17).

La Asociación Nacional del café (ANACAFE)(2) menciona que la pulpa del café representa el 40% en peso del fruto fresco, de la fruta original y se obtiene como resultado de la operación del despulpado (por presión ejercida sobre el fruto, donde el mucilago facilita la separación de granos y pulpa), es por lo tanto el residuo más voluminoso del beneficio húmedo y constituye un problema, tanto su almacenamiento como su eliminación.

Cuando la pulpa de café es lanzada imprudentemente a los ríos, provoca serios problemas de salubridad, por lo tanto es necesario el disponer de medios adecuados, para recuperar este valioso material.

##### 4.1.1.1 Composición Química de la pulpa

Braham.J. Bressani.R. indican que la pulpa de café está constituida tanto por macroelementos como por microelementos en diferentes proporciones, razón por la cual se considera útil en las aplicaciones como abono orgánico. Estudios realizados demuestran que su composición química está constituida por: N, P, K, Ca, Mg., Mn, S, B, Fe, Cu y Zn (3).

## A) Funciones de los Elementos Minerales Contenidos en la Pulpa de Café:

### a) **Nitrógeno**

Es indispensable para el crecimiento vegetativo e influye directamente en la producción. Ayuda a la asimilación del Fósforo y al desarrollo de raíces, forma parte de la clorofila, su deficiencia se manifiesta en la pérdida progresiva del color verde de las hojas hasta alcanzar un tono amarillento, cuando su deficiencia es muy severa.

### b) **Fósforo**

Influye en la formación normal de raíces y frutos, por lo que es muy importante en almácigos y plantitas de café para estimular la nutrición y anclaje de la planta. La movilización de este elemento en el suelo es limitada. Es asimilado lentamente por la planta.

### c) **Potasio**

Es asimilado por las raíces de las plantas como ión  $K^+$ , sus funciones principales tienen relación con el endurecimiento y resistencia de los tejidos de sostén, como es el tallo y las ramas produciendo estructuras más fuertes y resistentes, calidad de fruto, sabor, fragancia y almacenamiento.

### d) **Calcio**

Es asimilado por la planta como ión  $Ca^{++}$ . Se aplica a los suelos ácidos con el fin principal de regular el pH a valores adecuados, su función principal es mantener el estado de turgencia del plasma coloidal, lo cual es necesario para la realización normal de las reacciones metabólicas.

### e) **Magnesio**

Este elemento es constituyente esencial de la clorofila, participa en la síntesis de carbohidratos, proteínas, vitaminas y otras sustancias esenciales en el metabolismo.

### f) **Zinc**

Precursor de hormonas vegetales, activador de la formación de proteínas y azúcares, esencial para la formación de semillas y madurez del fruto.

### g) **Hierro**

Su función principal es la de actuar como catalizador de la fotosíntesis en la formación de la clorofila e interviene en la respiración.



**h) Manganeseo**

Participa en la asimilación del Nitrógeno, activa a las enzimas formadoras de aceites y grasas esenciales.

**i) Cobre**

Toma parte en la formación de la clorofila. Es una coenzima en la síntesis de proteínas y respiración (11).

**4.1.2 Materia Orgánica**

Casi todos los seres vivos en el suelo dependen de la materia orgánica para su provisión de energía y nutrientes. Por miles de años el hombre ha reconocido la importancia de la materia orgánica en la producción de alimentos.

Al descomponerse las rocas y minerales de la corteza terrestre, los elementos minerales se hicieron asimilables por las plantas; y a medida que de la provisión de nitrógeno en combinaciones químicas susceptibles de ser usadas, las plantas crecieron, murieron y contribuyeron con sus residuos al suelo. Por lo tanto, la materia orgánica comenzó a acumularse, al aumentar la fuente de nutrientes aprovechables en el suelo para las plantas, y esta acumulación de materia orgánica fue proporcional (8).

Esta condición se prolongó hasta que se alcanzó un equilibrio en el cual el grado de acumulación de la materia orgánica fue igual al grado de descomposición.

Aun en terrenos no sujetos a la erosión y que se mantienen bajo cultivo, ocurren por lo general pérdidas rápidas de materia orgánica. Se ha observado que las pérdidas son más rápidas inmediatamente después que la labranza ha comenzado, y después la reducción disminuye, hasta que al final el contenido orgánico del suelo alcanza un nivel nuevo de equilibrio (7).

La materia orgánica desempeña muchas funciones importantes en los suelos. Puesto que la materia orgánica se origina de los residuos vegetales, la materia orgánica del suelo originalmente contenía todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. La materia orgánica de por sí, influye en la estructura de los suelos y tiende a promover una condición física deseable (8).

### 4.1.3 Descomposición de la Materia Orgánica y sus factores

La materia orgánica sujeta al efecto degradador microbiano en el suelo, proviene de varias fuentes. Las grandes cantidades de restos vegetales y desechos de bosques que se descomponen sobre la superficie, así como porciones subterráneas y tejidos vegetales aéreos incorporados mecánicamente al suelo, se transforman en alimento para la microflora.

Los tejidos animales y productos de excreción también están sujetos al ataque. En suma, las células de los microorganismos sirven como una fuente de carbono para las generaciones posteriores de la comunidad microscópica.

La gran mayoría de las bacterias, actinomicetos y hongos son saprofitos y trabajan como destructores de la materia orgánica. Estos organismos efectúan la hidrólisis y la oxidación de compuestos orgánicos a través de las enzimas. Se forman compuestos químicos cada vez más sencillos hasta que, al fin, el carbono, el hidrógeno y el oxígeno aparecen como dióxido de carbono y agua. Otros nutrimentos que se encuentran en la materia orgánica también aparecen en forma inorgánica. La conversión de nutrimentos orgánicos a la forma mineral inorgánica se llama *Mineralización*.

A medida que la descomposición se realiza, los materiales más fáciles digeribles desaparecen primero. Todos los grupos pueden en realidad desdoblar y utilizar carbohidratos y proteínas, pero los hongos son más eficientes en descomponer el material (19).

#### 4.1.3.1 La Relación Carbono-Nitrógeno

La microflora del suelo son los agentes primarios para la descomposición de la materia orgánica. Desde el punto de vista práctico el factor de mayor importancia en la descomposición de materia orgánica es la cantidad de carbono en relación con el nitrógeno (8).

Los microorganismos que realizan esta descomposición utilizan el carbono como fuente de energía, y en presencia de grandes cantidades de tales sustancias su número aumenta rápidamente; su exuberante desarrollo requiere volúmenes considerables de nitrógeno que, por no existir en cantidades suficientes en la materia en descomposición, es sustraído casi todo del suelo, el cual pasa así por un empobrecimiento temporal.

Mientras más amplia sea la relación Carbono-Nitrógeno (C/N), menor cantidad de amoníaco será liberada, porque la proporción de carbono presente es mayor que la de nitrógeno.

Al existir una relación carbono-nitrógeno alta la descomposición de materia orgánica será más lenta, mientras que la relación carbono-nitrógeno es baja, esta descomposición es rápida, ya que nos indica que los microorganismos tienen el suficiente carbono para producir una oxidación que le de energía, estructuras orgánicas y el nitrógeno necesario (proteínas) a los microorganismos (19).

#### **4.1.3.2 Microorganismos**

Las diferentes formas de vida vegetal en el suelo varían en tamaño, desde las más pequeñas que solamente pueden estudiarse con un microscopio, hasta las setas y las raíces de los grandes árboles.

El concepto original de la población del suelo como bacteriana predominantemente, se ha expandido a través de años de investigación para incluir a otros grupos de plantas como hongos, actinomicetos y algas, así como muchos animales micro y microscópicos.

Las bacterias son plantas unicelulares que exceden a todos los organismos del suelo en número y clases. Un gramo de suelo fértil superficial puede contener cerca de mil millones de bacterias.

Los hongos son plantas heterotróficas que varían bastante en tamaño y estructura, desde las levaduras unicelulares hasta los mohos y las setas. Los hongos típicamente crecen a partir de esporas, formando una estructura semejante a un hilo que puede o no tener paredes transversales.

Los actinomicetos ocupan, desde un punto de vista morfológico una posición intermedia entre las bacterias y los hongos. De ellos se dice frecuentemente que son hongos con rayos o bacterias filamentosas. Los actinomicetos se parecen a las bacterias en que son unicelulares y de casi el mismo tamaño en su sección transversal.

Se parecen a los hongos filamentosos en que producen una red filamentosa extensa y profusamente ramificada. Muchos de estos microorganismos se reproducen por medio de esporas, y éstas se parecen mucho a las células bacterianas (15).

#### **4.1.3.3 Acidez y Alcalinidad (pH)**

El grado de acidez o alcalinidad de los suelos es de importancia particular ya que tiene influencia en las actividades y la abundancia relativa de los diferentes grupos de organismos del suelo. Se nota con frecuencia que la proporción de hongos contra la de bacterias y actinomicetos es mayor en los suelos ácidos que en los neutros; por lo tanto, parece ser

que un suelo ácido favorece el desarrollo de los hongos pero es desfavorable para el crecimiento de otras formas de vida.

Generalmente, los organismos benéficos funcionan mejor en un suelo que tiene una reacción aproximadamente neutra. Como regla general, los actinomicetos prefieren una reacción de 7.0 a 7.5, las bacterias y los protozoarios de 6.0 a 8.0 y los hongos de 4.0 a 8 (19).

#### **4.1.3.4 Temperatura**

La temperatura regula las velocidades de reacción de los cambios biológicos y químicos que ocurren en el suelo. Dentro de un margen reducido, el grado de las reacciones biológicas aumenta de dos o tres veces por cada incremento de temperatura de 10°C. De manera general, los límites de las funciones microbiológicas se alcanzan con una temperatura de 80°C.

Para la mayoría de los organismos del suelo la temperatura óptima es de cerca de 35°C, aunque pueden crecer en una variación bastante amplia de temperatura y pueden adaptarse rápidamente a cambios graduales en la temperatura (8).

#### **4.1.3.5 Humedad**

Otro factor principal que afecta el número y actividades de los microorganismos del suelo es la humedad del mismo. La influencia de la humedad depende en gran parte de la naturaleza del suelo y la naturaleza de los organismos que en él se encuentran.

La cantidad óptima de agua para la mayoría de los organismos del suelo es entre 50 y 70 % de la capacidad de retención de agua del suelo, casi la misma que para la mayoría de las plantas superiores. La mayor parte de los microbios son aeróbicos y tal vez sólo unas cuantas bacterias pueden tolerar suelos saturados con agua. Los actinomicetos son particularmente capaces de permanecer activos cuando el suelo se seca y pueden tolerar un gran amplitud de condiciones de humedad.

En suelos cuya humedad se encuentra en el punto de marchitamiento, la materia orgánica se descompone con la mitad de la rapidez de que lo hace cuando la humedad del suelo llega a su capacidad de campo (19).

#### 4.1.3.6 Aireación

La aireación del suelo está gobernada principalmente por las fluctuaciones en la humedad del suelo. La aireación aumenta cuando disminuye la humedad del suelo, mientras que un exceso de agua tiende a favorecer las condiciones anaeróbicas.

El desarrollo y las actividades de los organismos del suelo se ven fuertemente afectados por la concentración y grado de aprovisionamiento de ciertos gases ( en particular oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno) en el aire. El oxígeno se necesita para los procesos de oxidación, el dióxido de carbono como fuente de carbono para los organismos autotróficos y el nitrógeno par los organismos fijadores de nitrógeno (7).

#### 4.1.4 Microorganismos Efectivos o ME

Higa. T. Dice que el ME representa a un grupo de microorganismos efectivos , muchos de los cuales se han usado por largo tiempo en la industria alimenticia y que se reconocen como benéficos, tales como Lacto Bacilos y levaduras y son grupalmente cultivados en melaza (9).

Algunos de los microorganismos en la naturaleza son temidos debido a sus efectos dañinos a la salud humana, de cualquier manera, muchos otros microorganismos no lo son, como por ejemplo, el yogur, queso y las bebidas alcohólicas son elaborados con la ayuda de microorganismos. El uso de microorganismos benéficos se ha acostumbrado desde el inicio de la historia.

El concepto ME fue desarrollado por el Dr. Teruo Higa, Profesor de horticultura de la Universidad de El Ryukyus, en Okinawa, Japón en los años 1980. Se realizó investigación sobre como superar los peligros del cultivo continuo, y como mantener la calidad de los productos.

Por esta razón desde los años 1970, basándose en el significado histórico de los microorganismos en la agricultura japonesa, experimentó con cultivos mixtos de microorganismos, sin obtener resultados planeados por un periodo de 10 años.

De cualquier manera, en 1982, la tecnología fue desarrollada, y el cultivo original contuvo 5 familias, 10 géneros y 80 especies de microorganismos. Estos tienen un rango diverso de usos en agricultura, manejo ambiental y en la industria (8).

Es importante enfatizar en este momento, que ME no contiene microorganismos genéticamente creados. ME solamente contiene una combinación de microorganismos especialmente seleccionados por ser capaces de producir muchos beneficios. Todos estos microorganismos se encuentran en la naturaleza.

Si alguien desea probarlo esto puede realizarse fácilmente al incubar ME en materia orgánica esterilizada. En pocos días, podrá detectar una gran variedad de microorganismos que aparecen en ecosistemas naturales (10).

#### **4.1.4.1 Microorganismos Útiles**

El ME es un cultivo mixto de microorganismos seleccionados de especies tales como lactobacilos, levaduras, bacterias fotosintéticas y actinomicetes. Todos estos son compatibles y coexisten en el cultivo líquido.

Cuando se aplican al suelo como inoculante, estos microorganismos cooperan para producir efectos benéficos en la calidad del suelo. Algunos de los microorganismos en ME son conocidos por producir sustancias bioactivas como vitaminas, hormonas, enzimas y antibióticos naturales que pueden directamente mejorar el crecimiento de la planta y la resistencia a las enfermedades.

El concepto básico e importante acerca de ME, no es el número de microorganismos, sino la función de síntesis interactiva de los microorganismos (10).

#### **4.1.5 Principales Microorganismos en ME y su acción en el suelo**

##### **a) Bacterias Fotosintéticas**

Estos microorganismos son fototrópicos. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles a partir de otras sustancias que generan las raíces, materia orgánica y/o gases tóxicos como sulfuro de hidrógeno, utilizando los rayos solares y el calor del suelo como fuentes de energía.

Estas sustancias útiles incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivadoras y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de la planta. Estas sustancias son absorbidas directamente por las plantas y además actúan como sustrato para incrementar las bacterias fotosintéticas, este incremento favorece otras poblaciones de microorganismos efectivos. Como *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides* (6).

### b) Bacterias Ácido Lácticas

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos producidos por bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, este suprime las poblaciones de microorganismos dañinos y acelera la descomposición de la materia orgánica, además las bacterias ácido lácticas favorecen la descomposición de sustancias orgánicas como la lignina y la celulosa.

Estas bacterias tienen la capacidad de detener la propagación de microorganismos dañinos tales como *Fusarium*, el cual es un género que causa enfermedades en varios cultivos. Generalmente el incremento en la producción de *Fusarium* debilita las plantas, esta condición puede favorecer el incremento poblacional de nemátodos fitoparásitos, posibilidad que se disminuye mientras las bacterias ácido lácticas cumplen su función. Como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* y *Lactobococcus lactis* (6).

### c) Levaduras

Las levaduras sintetizan sustancias útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretadas por bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces de las plantas. Sustancias bioactivadoras tales como hormonas y enzimas producidas por las levaduras promueven la actividad celular y el crecimiento de la raíz, además, las sustancias que segregan son útiles para las bacterias ácido lácticas y actinomicetes. Como *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* (6).

### d) Actinomicetes

Estos producen sustancias a partir de aminoácidos segregados por las bacterias fotosintéticas y materia orgánica, estas sustancias suprimen la población de hongos y bacterias fitopatógenas. Como *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* (6).

### e) Hongos Fermentadores

Hongos Fermentadores como *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis* (6) y *Penicillium* descomponen rápidamente la materia orgánica, produciendo alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas, las cuales eliminan malos olores y previenen la propagación de insectos dañinos (10).

#### 4.1.6 Beneficios de usar ME

El sector agrícola de hoy atraviesa muchas dificultades. Las soluciones a estos problemas no están disponibles a través de los sistemas de producción convencionales, tampoco se esperan las soluciones en esta dirección. Problemas de escasez de alimentos se prevén para el futuro; mientras la mayoría de los países esperan alcanzar autosuficiencia y seguridad alimenticia.

Buscando soluciones a este problema, se puede fácilmente identificar que mantener la fertilidad y calidad del suelo son dos conceptos básicos que deben ser considerados para alcanzar sostenibilidad en los sistemas alimenticios. La tecnología convencional basada en el uso de químicos no ofrece una solución clara, en la forma en que el uso excesivo de químicos nos ha traído a esta situación. Por esta razón, se debe buscar una fuente alternativa de nutrientes en la materia orgánica (7).

Estudios desarrollados en muchas partes del mundo muestran que desperdicios tales como desechos urbanos e inclusive desperdicios de la cocina o desechos industriales pueden ser transformados en fertilizantes de buena calidad a través del uso de ME.

El uso de ME en agricultura tiene muchos efectos benéficos. Los más investigados y promovidos son:

1. ME promueve la germinación, crecimiento, florecimiento, fructificación maduración.
2. ME realza la capacidad fotosintética de las plantas.
3. ME incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante.
4. ME desarrolla resistencia de las plantas y plaga y enfermedades.
5. ME suprime patógenos y plagas del suelo.

Debido a los beneficios mencionados, ME mejora los rendimientos de los cultivos bajo sistemas de producción orgánica en la mayoría de ecosistemas. También desarrolla el suelo para mejorar su habilidad para dar sustento a los cultivos. De esta manera ME representa los siguientes beneficios económicos al usuario.

La necesidad de usar ME disminuye con el tiempo porque los microorganismos se propagan por si solos. La aplicación de ME mejora el suelo, y cuando las condiciones del suelo facilitan la propagación de los microorganismos, la aplicación de ME es requerida solo ocasionalmente para mantener las poblaciones.

El uso de ME requiere de menores cantidades de materia orgánica. La materia orgánica derivada de residuos de cosecha, malezas y la vegetación circundante es suficiente para mantener un suelo fértil. La aplicación de bokashi una



vez por temporada también es suficiente, y los residuos de cosecha pueden ser fermentados con ME y aplicados como fertilizante, en vez de ser quemados, como se acostumbra actualmente.

El uso de ME incrementa la porosidad del suelo, reduciendo la necesidad de labranza profunda. El uso de ME mejora la microflora del suelo y las propiedades físicas lo cual facilita la labranza. La adición de materia orgánica mejora las características químicas y biológicas de los suelos, liberando nutrientes para el crecimiento de los cultivos.

ME elimina el uso de agroquímicos, los cuales son de alto costo en la mayoría de los países. El uso de agroquímicos solo reduce los efectos benéficos de ME. Con el uso de agroquímicos el suelo se vuelve pobre y las plantas encuentran un ecosistema desgastado y hostil para su desarrollo. Las plagas y enfermedades abundan en dichos ecosistemas, lo cual genera un incremento en el uso de agroquímicos, reduciendo el ingreso del agricultor, minando su salud y contaminación del medio.

ME facilita el cultivo continuo. Los periodos de reposo ya no son necesarios porque ME desarrolla un suelo rico. Cultivos mixtos pueden reemplazar al monocultivo en la mayoría de los casos con el uso de ME.

ME elimina el uso de agroquímicos, los cuales son de alto costo en la mayoría de los países. El uso de agroquímicos solo reduce los efectos benéficos de ME. El suelo perdería su rica diversidad de flora y fauna, y destruiría la materia orgánica. Con el uso de agroquímicos el suelo se vuelve pobre y las plantas encuentran un ecosistema desgastado y hostil para su desarrollo. Las plagas y enfermedades abundan en dichos ecosistemas, lo cual genera un incremento en el uso de agroquímicos, reduciendo el ingreso del agricultor, minando su salud contaminando el medio ambiente.

ME asegura un crecimiento rápido de los cultivos. Los cultivos pueden ser cosechados antes, reduciendo el tiempo disponible para que las plagas y enfermedades los infesten.

Los siguientes son otros beneficios que se pueden derivar del uso de ME:

ME no descompone la materia orgánica, la fermenta. Por esta razón, cualquier tipo de materia orgánica, puede ser utilizado para hacer abono con ME, pues no se libera mal olor.

Una vez incorporada al suelo, ME transforma la materia orgánica rápidamente en suelo. Esto contrasta con las aplicaciones normales de materia orgánica, donde la descomposición tarda varios meses.

ME facilita la liberación de mayores cantidades de nutrientes a las plantas.

ME repele insectos dañinos y plagas, pero no organismos benéficos.

ME desarrolla la inmunidad interna de plantas y animales, realizando su resistencia natural.

ME tiene la capacidad de convertir los desechos en productos no tóxicos y útiles. Esto incluye todo tipo de desechos, desde agua de alcantarillado hasta afluentes industriales tóxicos.

ME retarda el proceso de oxidación en metales, reduciendo el gasto de repuestos para maquinaria.

Estas cualidades de ME lo hacen un producto muy útil en el mundo moderno. Con ME la quema de desechos orgánicos no es necesaria porque estos materiales pueden convertirse en fertilizantes y así ser reciclados efectivamente.

Cada especie de los microorganismos efectivos tienen su propia función sin embargo las bacterias fotosintéticas son las principales, ya que ellas mantienen la actividad de los demás microorganismos y a la vez las bacterias fotosintéticas utilizan productos que son producidos por los demás microorganismos, este fenómeno se denomina coexistencia y mutualismo.

Cuando los microorganismos efectivos incrementan su población dentro del suelo la población de microorganismos nativos también aumenta, esto se convierte en un ecosistema microbiano abundante y bien equilibrado, donde los microorganismos fitopatógenos no prosperan.

Las raíces de las plantas segregan sustancias, como carbohidratos, ácidos orgánicos y enzimas que son utilizadas para crecer a los microorganismos, durante este proceso los ME también segregan aminoácidos, ácido nucleicos, variedad de vitaminas y hormonas a las plantas, es decir que existe una simbiosis en la rizosfera, entre las raíces y los ME. Lo cual repercute en un crecimiento excepcional de las plantas (10).

#### **4.1.7 Desarrollo de ME (Microorganismos Efectivos)**

Las aplicaciones más recientes de ME, incluyen uso en los programas sanitarios y de salud en Japón y un gran número de países asiáticos. Se está en el proceso de elaborar productos ME para la industria. Las sustancias bioactivas benéficas producidas por los microorganismos tienen un aspecto en común, son Anti-oxidantes. El efecto de estas sustancias es a través de prevenir la oxidación de la materia y de los cuerpos vivientes, concepto conocido por largo tiempo. Por esta razón juegan un papel importante, ya que todos los tipos de materia en la tierra, vivos u no vivos, se

deterioran por el proceso de oxidación. Si se consideran las enfermedades humanas, estas también pueden ser identificadas como un proceso de oxidación causando un mal funcionamiento en los órganos del cuerpo.

Las sustancias antioxidantes generadas por los Microorganismos Efectivos y las emisiones u ondas antioxidantes que acompañan tal proceso tienen la fuerza de suprimir los efectos dañinos de la oxidación.

#### **4.1.8 Cosecha y Calidad**

Se espera que la cosecha suba de un 20 a 30% con el uso general de ME e inclusive un 50-100% cuando altas poblaciones de ME se mantienen en el suelo. Los productos tienen mejor sabor, mas alto contenido de vitaminas C y E en algunos, una vida útil más larga del producto y mejoran la salud general cuando son consumidos.

Productos procesados a partir de estos cultivos tales como vino, jugos, salsas, etc. También muestran mejores características.

##### **4.1.8.1 Aplicación de ME en producción animal**

La aplicación de ME a través de alimento fermentado (ensilaje), en los bebederos y asperjado en el establo reduce malos olores así como plagas de moscas, larvas, etc. Drásticamente. Se mejora la tasa de digestión en 10-15%, la calidad de la carne, el número de huevos por gallina y la producción lechera. Hay que resaltar que la calidad de la leche y de los huevos mejora considerablemente.

El Estiércol de animales tratado con ME tiene menor olor y se convierte en un fertilizante orgánico de alta calidad, el cual los agricultores desean usar en estos días. La orina también se convierte en un fertilizante líquido de alta calidad.

##### **4.1.8.2 Aplicación de ME en Forestales**

Con ME se pueden crecer semilleros saludables en un periodo mas corto de tiempo. ME al momento del trasplante mejora la tasa de supervivencia del semillero y su crecimiento. Un método similar es usado en frutales con éxito.

#### 4.1.8.3 Agricultura Integrada

Con ME es posible desarrollar una granja integrada con diversas practicas, puede ser un agricultor o una comunidad de agricultores. Esto es, casi todas las industrias, no solo la combinación de cultivo con ganado pero también incluye acuacultura, tratamiento de desechos sólidos y líquidos provenientes del procesamiento de alimentos y las aguas negras. Esto da oportunidad a la integración y reciclaje de un rango amplio de industria.

Si tal sistema es adoptado amplia y firmemente en la sociedad, la mayoría de los problemas ambientales, los cuales son atribuidos a una gran cantidad de desechos orgánicos del hogar, aguas negras, estiércoles animales, pueden ser resueltos, y finalmente podemos establecer una agricultura caracterizada por "Reducida inversión", "Alta productividad", "Alta calidad" y "Sostenible".

#### 4.1.8.4 Aplicación de ME en problemas ambientales

Medidas y soluciones para los desperdicios alimenticios del hogar, ME puede eliminar malos olores de la basura orgánica en el área urbana y trasformarla en un fertilizante orgánico. Esta practica se encuentra ampliamente extendida en Japón y Korea, es reconocida como el método más efectivo para tratar la basura orgánica a bajo costo.

Solución para desechos animales, ME puede eliminar el mal olor de las excretas animales y trasformarlas en algo muy útil. De hecho puede solucionar cualquier problema asociado con producción animal.

Solución para agua contaminadas, cuando ME es inoculado en la fuente de contaminación, tal como inodoros y sistemas de tratamientos de aguas negras, el agua será lo suficientemente limpia como para reciclarla para agricultura, acuacultura o inclusive en el hogar.

Solución para los sistemas de incineración, la combinación de ME cerámicas y ME, previenen la producción de dioxina en el momento de incineración, inclusive a menores temperaturas (10).

## **4.2 MARCO REFERENCIAL**

### **4.2.1 Ubicación Geográfica**

El experimento se llevó acabo en el beneficio Entre Volcanes el cual se encuentra localizado en el municipio de San Miguel Dueñas, departamento de Sacatepéquez, a 60 kilómetros al occidente de la capital de Guatemala. El beneficio se encuentra a una altitud de 1500 msnm con una precipitación de 1200 mm anualmente. Con una zona de vida “Bosque húmedo Montano Bajo Tropical” (5).

### **4.2.2 Extensión**

El beneficio Entre Volcanes tiene una extensión de 14.238 Ha. Con las coordenadas 14° 29.135' latitud norte y 90° 49.03' longitud oeste.

### **4.2.3 Capacidad Instalada del Beneficio**

En el Beneficio Entre Volcanes recibe anualmente 82,790.00qq. de café uva, lo cual implica un promedio de 33,116.00qq. de pulpa por año.

### **4.2.4 Estudios realizados**

Shintani. M. (17) en el Seminario Taller Internacional, “Aprovechamiento de Subproductos y Manejo de Desechos de la Producción Bananera” en La Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Costa Rica, explica, que la industria bananera aprovechando las tecnologías modernas disponibles, aprovecharlas eficientemente y trasformarlos en un abono orgánico conocido como “Bokashi”, palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”.

La EARTH, tiene una finca bananera de 280ha. La cual en el proceso de empaque se producen aproximadamente 60 toneladas de remanentes (desechos) de banano a la semana. Los remanentes son pinzote (raqiz) y el banano que no califica para la exportación.

Se utilizan unas 10 toneladas de remanentes para la alimentación del ganado en la finca comercial, pero aun así la cantidad producida sobrepasa la demanda de uso. Actualmente la finca comercial está produciendo unas 20-25 toneladas de bokashi a la semana sin tener problemas de mal olor ni moscas. El proceso para convertir al desecho de banano en bokashi tarda 14 días.

Orellana.J. (14) realizó un informe de tesis en el cual determinó el efecto de la aplicación de un proceso físico (volteos periódicos + adición de agua ) y un químico (Bacteria y activador enzimático) sobre la pulpa de café para convertirla en abono orgánico, el experimento se llevo a cabo en dos fincas, una ubicada a (1676 msnm) y la otra a (350 msnm), en las cuales se utilizó pulpa de café fresca, constituyo seis tratamientos se distribuyo en un diseño de bloques al azar.

Las muestras del sustrato en descomposición se tomaron a los 0, 30, 60 y 90 días, donde se determinó relación C/N, concentraciones de macronutrientes, fibra detergente ácido, celulosa y lignina.

Los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa entre la aplicación de procesos físicos o químicos entre tratamientos, lo que le permitió concluir que utilizar un proceso físico para degradar la pulpa en abono orgánico presenta ventajas económicas sobre el proceso químico.

Las concentraciones más adecuadas de macro y micronutrientes evaluados en el trabajo se determinaron cuando la relación carbono / nitrógeno, se encontró entre el 12 y 16/1. En un periodo comprendido entre 90 y 120 días para la localidad de (1676 msnm). Recomienda aplicar volteos cada cuatro días más adición de 5 galones de agua por tonelada métrica de pulpa.

Schwendener J. (16) realizó algunos ensayos con ME y pulpa de café, en los cuales fueron incluidos diferentes periodos de volteo, éste se llevo a cabo en una finca Seamay, ubicada en San Antonio Senahú, Alta Verapaz; a una altitud de 450 msnm.

El tratamiento que recomiendan es concentración de ME de 5,000 ppm, con volteos cada 6 días, ya que posee los valores más altos de nutrientes, demostrando que el uso de ME hace que el producto final aumente los porcentajes de los elementos en comparación con los que inicialmente poseía. El ensayo tuvo una duración 24 días y que consiguió diferencias notables en tiempo y volteos.

Schwendener menciona también que la elaboración del abono hubo una disminución del mal olor. Por lo anterior recomiendan el ME como una alternativa para el manejo de la pulpa del café en el beneficiado húmedo y que se emplee posteriormente como una forma de fertilizante en plantaciones, o como sustrato en el relleno de bolsas.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 GENERAL**

Evaluar el efecto de los microorganismos efectivos en combinación con varias frecuencias de volteo (aireación), como degradador de pulpa de café.

### **5.2 ESPECIFICOS**

- 1) Evaluar el efecto de cuatro diluciones de microorganismos efectivos como degradador de pulpa de café.
- 2) Evaluar el efecto de tres frecuencias de volteo en la aceleración de la descomposición de la pulpa de café.
- 3) Determinar si existe interacción entre el ME (microorganismos efectivos) y frecuencias de volteo en la descomposición de la pulpa de café.
- 4) Determinar la calidad del abono orgánico producido en los diferentes tratamientos de microorganismos efectivos.
- 5) Determinar el costo de producción por tonelada de abono orgánico producido en los tratamientos de microorganismos efectivos.

## 6. HIPÓTESIS

- 1) Las diferentes diluciones de ME (microorganismos efectivos), no presentan diferencia significativa en cuanto al tiempo de descomposición en la pulpa de café.
- 2) Los diferentes frecuencias de volteo no presentan diferencia significativa en cuanto al tiempo de descomposición en la pulpa de café.
- 3) Entre las diferentes diluciones de ME (microorganismos efectivos) y los diferentes frecuencias de volteo no existe una interacción y no produce efecto significativo sobre el tiempo de descomposición en la pulpa de café.
- 4) La calidad del abono orgánico es igual para todos los tratamientos.
- 5) El costo es igual en todos los tratamientos.



## 7. METODOLOGÍA

### 7.1 Sitio Experimental

El experimento se llevo a cabo en el beneficio "Entre Volcanes", San Miguel Dueñas Sacatepéquez. En la presente investigación se utilizó pulpa de café, (*Coffea arábica* L). Se utilizaron 33.75 toneladas de pulpa, la cual se recolecto en el beneficio durante tres días, el origen de la pulpa es de cafetales de Antigua Guatemala y sus alrededores, San Miguel Dueñas, Alotenango y Acatenango etc.

### 7.2 Material e Insumos

- a. Pulpa fresca
- b. Microorganismos Efectivos
- c. Melaza
- d. Agua de pozo
- e. Plástico
- f. Costales
- g. Pesa
- h. Toneles
- i. Regadera
- j. Palas
- k. Bolsas de papel y plásticos
- l. Probeta
- m. Termómetro
- n. Papel pH
- o. Fichas de Identificación
- p. Homo
- q. Laboratorio Anacafé

### 7.3 Tratamientos

Los tratamientos que se evaluaron dependen de dos factores para su formación:

El Factor A, 4 diferentes diluciones y agua,

1. Dilución 1:1
2. Dilución 1:10
3. Dilución 1:50
4. Dilución 1:100 y
5. Solamente agua.

Para el factor B, 3 diferentes frecuencias de volteo,

1. Volteo cada 4 días.
2. Volteo cada 8 días y
3. Volteo cada 12 días, la combinación de cada una de ellas dio como resultado 15 tratamientos distribuidos de la siguiente manera (Cuadro 1):

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo.

No. DE TRATAMIENTO	Tratamiento	Descripción de la conformación de los Tratamientos
1	T14	1: 1 + volteo c/ 4 días
2	T18	1: 1 + volteo c/ 8 días
3	T112	1: 1 + volteo c/12 días
4	T104	1: 10 + volteo c/ 4 días
5	T108	1: 10 + volteo c/ 8 días
6	T1012	1: 10 + volteo c/12 días
7	T504	1: 50 + volteo c/ 4 días
8	T508	1: 50 + volteo c/ 8 días
9	T5012	1: 50+ volteo c/ 12 días
10	T1004	1: 100+ volteo c/ 4 días
11	T1008	1: 100 + volteo c/ 8 días
12	T10012	1: 100 + volteo c/ 12 días
13	TA4	Agua + volteo c/ 4 días
14	TA8	Agua + volteo c/ 8 días
15	TA12	Agua + volteo c/ 12 días

## 7.4 Unidad Experimental

En el experimento se utilizaron como unidad experimental montículos de pulpa de café, dichos montículos constaban de 0.75ton por montículo de pulpa, ubicado cada montículo en un área de doce metros cuadrados separados por un metro entre cada unidad experimental. Con un total de 15 tratamientos. Se realizaron tres repeticiones en cada tratamiento, dando un total de 45 unidades experimentales.

## 7.5 Modelo Estadístico

Debido a que el diseño que se utilizó fue un completamente al azar con arreglo combinatorio 4\*3, el modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde :

- $Y_{ijk}$  – Variable de respuesta a la  $ij$ -ésima unidad experimental.
- $\mu$  = La media general de la variable de respuesta.
- $\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor dilución de ME.
- $\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor frecuencia de volteo.
- $\alpha\beta_{ij}$  = Interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor dilución de ME con el  $j$ -ésimo nivel del factor frecuencia de volteo.
- $\epsilon_{ijk}$  – Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

### 7.5.1 Aleatorización

La Aleatorización del área se realizó completamente al azar, con una calculadora (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de las Unidades Experimentales.

T14	TA4	T104	TA12	T5012	T112	T508	T18	T1004
T504	T508	T1012	TA8	T504	T108	T1008	T1012	T508
T112	TA12	T1004	TA12	T14	TA8	T104	T10012	T104
TA8	T18	T1008	T112	T1004	T504	T1008	T14	T10012
T108	TA4	T5012	TA4	T1012	T18	T10012	T108	T5012

## 7.6 Manejo del Experimento

### 7.6.1 Preparación del área

Se selecciono dentro del Beneficio un área uniforme, totalmente plana, sin árboles alrededor, un área que antiguamente era usada para parqueo de camiones.

El área sé limpió, luego se le colocó un plástico para evitar el contacto directo de la pulpa con el suelo. Limpia el área de 600 metros cuadrados de los cuales se dividieron los espacios en 12 metros cuadrados y se colocó una masa de 0.75 ton de pulpa de café.

### 7.6.2 Preparación de ME (Microorganismos Efectivos)

#### 7.6.2.1 Solución Madre

La solución primaria de ME (Microorganismos Efectivos), es un líquido café con un agradable olor y un sabor agrídulce. El pH de esta solución estuvo siempre debajo de 3.5, como lo recomienda el productor del material. Se trabajó con una solución madre, se le conoce como ME puro.

#### 7.6.2.2 Activación de ME (Microorganismos Efectivos)

En este caso el producto se activó, el producto se activa con el fin de que exista un crecimiento mayor y abundancia de colonias de microorganismos, se utilizaron las siguientes proporciones para preparar 20 litros de producto activado:

18.75 litros de agua.....	94%
1.00 litro de melaza.....	5%
0.25 litro de ME (solución madre).....	1%
<b>Total: 20 litros de ME (activado).....</b>	<b>100% (10)</b>

**Nota:** Para el experimento se activaron 120 litros (30 galones) pero en el experimento se usaron únicamente 113.28 litros (30.21 galones), utilizando la receta anterior.

### 7.6.2.3 Proceso de Preparación

Se mezcló la melaza con el ME y el Agua (el agua sin cloro ya que este mata a los microorganismos).

Se vertió la mezcla en un barril plástico limpio.

Se cerró de forma que quedó totalmente sellado para que no entrará luz, luego se almacenó a temperatura ambiente.

Esta mezcla estuvo lista para ser usada después de 10 días y al presentar un pH de 3 (10).

### 7.6.2.4 Diluciones

A cada unidad experimental se le aplicaron 5.33 galones de solución diluida (de acuerdo a la relación respectiva), Debido a la cantidad de unidades experimentales, se activaron 32 galones, de los cuales solo se utilizaron 30.21 galones para las diferentes diluciones,

Se distribuyó de la siguiente manera:

<i>Dilución 1:1,</i>	24 galones de ME (activado) 24 galones de Agua Para dar un total de 48 galones de solución.
<i>Dilución 1:10,</i>	4.8 galones de ME (activado) 43.2 galones de Agua. Para dar un total de 48 galones de solución.
<i>Dilución 1:50,</i>	0.96 galones de ME (activado) 47.04 galones de Agua Para dar un total de 48 galones de solución
<i>Dilución 1:100,</i>	0.48 galones de ME (activado) 47.52 galones de Agua. Para dar un total de 48 galones de solución
<i>Únicamente 48 galones de Agua.</i>	

#### 7.6.2.5 Aplicación de ME (Microorganismos Efectivos activados)

Se tuvieron 45 unidades experimentales, se les trató de la siguiente manera, se aplicó por repetición la dosis de 5.33 galones de producto (unidad experimental), se realizó el primer volteo y este fue de la siguiente manera: se volteó la pulpa hacia un costado, y con una regadera se aplicó la solución correspondiente (5.33 galones), en las 0.75 toneladas de pulpa, para que los microorganismos quedaran bien distribuidos en toda la unidad experimental, luego se regreso a su lugar se le cubrió con un costal y se le identifico con una ficha.

#### 7.6.2.6 Frecuencias de Volteo

Se realizaron cada cuatro, ocho y doce días, respectivamente, se realizara con esta frecuencia se volteo ya que el anteriormente citado Schwendener J. (16), realizó periodos de volteo parecidos, se realizaron cada dos, cuatro y seis días, lo que buscábamos era ampliar el rango por el costo de la mano de obra, cada unidad experimental se identificó con una ficha de madera emplastada con un número distintivo de la dosis de la diferente dilución y un color que represente el día de volteo respectivo evitando así cualquier confusión. El experimento duró 75 días.

#### 7.6.2.6 Toma de Datos

Se realizaron dos muestreos distribuidos de la siguiente manera: el primero se hizo al inicio, con pulpa fresca, y el segundo y último muestreo se realizó a los setenta y cinco días de haberse iniciado el experimento. Estas muestras se llevaron al Laboratorio de Anacafé, para realizar el análisis químico de (pH, Humedad, Relación C/N, Carbono orgánico, Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, Magnesio y Calcio). Para el análisis físico se realizo la Temperatura.

### 7.7 Variables de Respuesta

Análisis Químico:

#### 1. Relación C/N

Esta variable se midió en el Laboratorio de Anacafé, al finalizar los 75 días del experimento y el resultado se expreso en porcentaje.

#### 2. Materia orgánica

Esta variable se midió en el Laboratorio de Anacafé, al finalizar lo 75 días del experimento y el resultado se expreso en porcentaje.

### **3. Elementos mayores:**

Esta variable se midió en el Laboratorio de Anacafé, al finalizar lo 75 días del experimento y el resultado se expresó en porcentaje. Los elementos mayores fueron: Nitrógeno, Potasio y Fósforo.

### **4. Elementos menores:**

Esta variable se midió en el Laboratorio de Anacafé, al finalizar lo 75 días del experimento, los elementos menores fueron: Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc expresados en ppm y en Magnesio y Calcio expresados en porcentaje

### **5. pH**

Esta variable se midió en el laboratorio de Anacafé y se verifico cada 4 días con Papel con papel pH cada cuatro días y hasta el final del experimento y a cada unidad experimental

Análisis Físico:

### **6. Humedad**

Laboratorio de Anacafé, al finalizar lo 75 días del experimento.

### **7. Temperatura**

Esta variable se midió con un termómetro de 150° centígrados, cada cuatro días, se destapaba la unidad experimental y a un costado del bulto se insertaba el termómetro, se esperó un par de minutos y luego se leía el resultado y se anotaba, este procedimiento se llevo acabo hasta el final del experimento a cada unidad experimental.

## **7.8 Análisis de la información**

Para el análisis de la información se tomó una muestra del centro del montículo de cada una de las unidades experimentales.

### **7.8.1 Prueba de Normalidad**

Primeramente los datos se sometieron a una prueba de normalidad, la cual demostró que eran datos normales (Shapiro Wills).

### **7.8.2 Análisis Estadístico**

Se realizó análisis de varianza para las variables en que era necesario realizarlo.

### 7.8.3 Prueba de Medias

Se realizó prueba de medias por me método de Tukey, para las variables que presentaron diferencia significativa según andeva (4).

### 7.8.4 Análisis Químico

El análisis químico consiste en determinar a cada uno de los tratamientos, relación C/N, Materia Orgánica, pH, humedad y macro-microelementos (P, N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn).

### 7.8.5 Análisis Físico

La humedad que se llevo junto con el análisis químico, capacidad de retención de agua: es la máxima cantidad de agua que el sustrato o suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad.

La Temperatura se tomo cada 4 días durante el experimento con un termómetro.

### 7.8.6 Análisis Económico

Liste análisis se utilizó para determinar cual de los tratamientos es el más rentable; la rentabilidad es una relación entre quetzales ganados versus quetzales invertidos que generalmente se expresa en porcentaje de quetzales ganados versus quetzales invertidos. Su formula es :

$$R = [ (IB - CT) / CT ] * 100$$

$$RBC = IB / CT$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

CT = Costo Total

R = Rentabilidad

RBC = Relación beneficio / costo

La relación beneficio / costo, es la medida en que aumentan los beneficios disminuyen los costos. Se considero como mejor tratamiento el que presento el valor más alto de rentabilidad y una relación beneficio / costo mayor.(4)



## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Concentración de Nutrientes en el Sustrato

#### 8.1.1 Potasio (K)

La concentración de potasio en el sustrato fue uno de los nutrientes como variable que fue afectado por los tratamientos aplicados, específicamente por el factor dilución de los ME, lo cual fue determinado por el Análisis de Varianza (ANDEVA) (Cuadro 3). Con la dilución 1:10 de ME la concentración de potasio fue de 4%, mientras que con la dilución 1:100 fue de 3.2 % (Figura 1). Las diluciones de ME más concentradas mostraron mayores contenidos de potasio, incluyendo al tratamiento testigo que únicamente se le agregó agua para el proceso de descomposición del sustrato (Cuadro 20).

Cuadro 3. Niveles de Significancia (P>F) para variables del análisis físico-químico de los tratamientos.

Fuentes de Variación	%					%					ppm			
	C/N	M.O	PH	T <sup>n</sup>	H <sup>a</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaO	MgO	Zinc	Mn	Fe	Cu
Efecto de la dilución Factor A	NS 0.360	NS 0.060	*	** 0.0001	NS 0.060	NS 0.050	*	*	NS 0.40	*	NS 0.220	** 0.0002	** 0.0006	NS 0.760
Efecto de la frecuencia de volteo (Factor B)	NS 0.510	NS 0.820	NS 0.32	** 0.0001	NS 0.820	NS 0.270	NS 0.530	NS 0.110	NS 0.280	NS 0.120	NS 0.090	** 0.0007	** 0.0002	NS 0.480
Interacción Factores A * B	NS 0.650	NS 0.540	NS 0.410	*	NS 0.840	NS 0.550	NS 0.530	NS 0.055	NS 0.350	NS 0.160	NS 0.260	** 0.001	NS 0.056	NS 0.480
Coefficiente de Variación (%)	4.155	4.27	2.344	1.579	4.272	3.92	7.377	11.61	13.49	7.902	7.222	19.304	77.57	21.102

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS = No significativo

En términos de nutrición vegetal el potasio es uno de los elementos más requeridos por los cultivos para la producción; de ahí la importancia que tiene la utilización de un abono orgánico rico en potasio. Algunos autores

indican que este elemento, no es crítico en el proceso de mineralización y disponibilidad en los abonos orgánicos, ya que su utilización por parte de los microorganismos no es antagónica con las plantas.

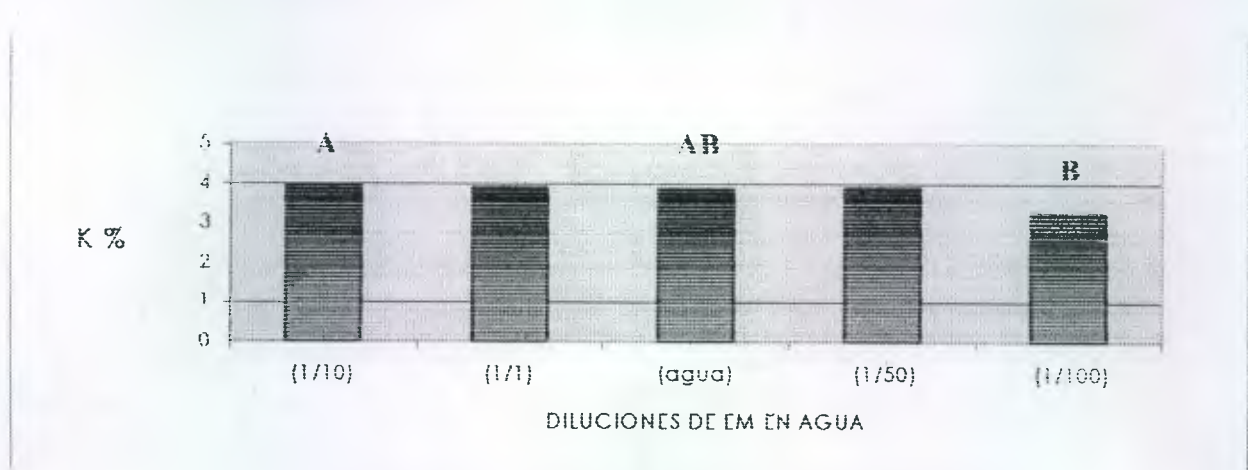


Figura 1. Potasio (%) en pulpa de café, como sustrato, tratada con ME a diferentes diluciones.

### 8.1.2 Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn)

La mayor concentración de hierro (Fe) en su forma reducida, determinada a través de los análisis químicos de laboratorio fue de 1647ppm en el tratamiento de ME diluido 1:50, este nivel del factor A fue significativamente diferente, de todos los demás niveles de dilución, según el ANDEVA (Cuadro 3). Esta forma del hierro en su estado reducido es la disponible para las plantas, la cual puede verse afectada, en los procesos de mineralización de materiales orgánicos por cierto tipo de microorganismos, quienes oxidan el hierro a formas no asimilables.

El contenido de hierro disponible también se vio afectado por el factor frecuencia de volteo; es decir que los tratamientos con mayores frecuencias presentaron menor contenido de este elemento, como se aprecia en el Figura 3. Los tratamientos con frecuencia de volteo cada 12 días registraron valores de 1379 ppm de hierro (Cuadro 26); diferentes estadísticamente a las demás frecuencias, la Figura 3. Lo anterior se debió a que en los tratamientos con mayor frecuencia de volteo el proceso de oxidación fue más intenso por lo tanto las formas de hierro presente fueron las férricas; es decir hierro oxidado (8).

Lo anterior concuerda con las metodologías de laboratorio para la determinación de hierro disponible, es decir; hierro en su forma reducida o hierro ferroso.

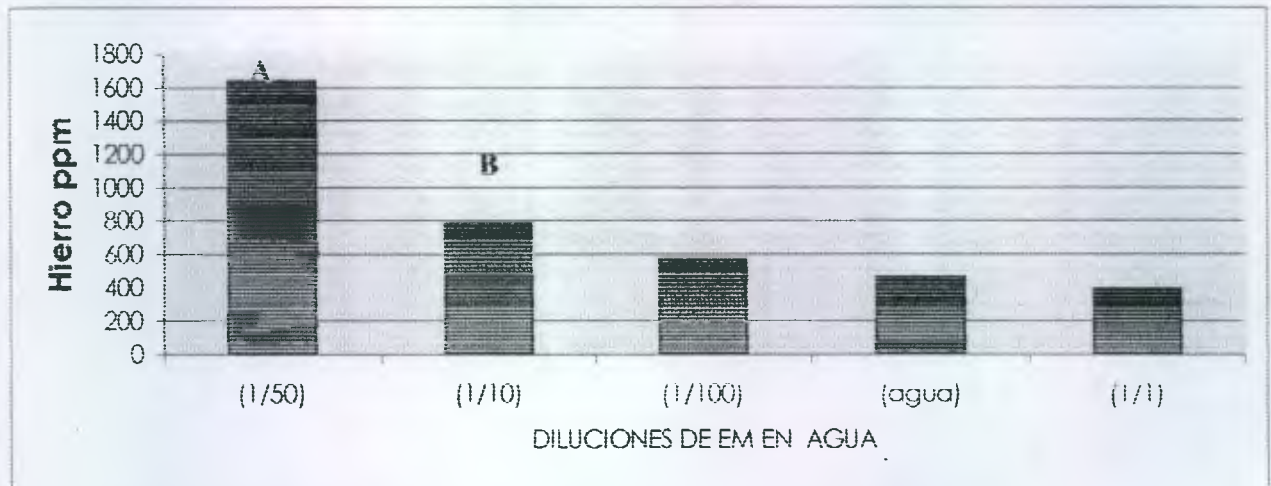


Figura 2. Hierro (ppm) en pulpa de café tratada con ME a diferentes diluciones

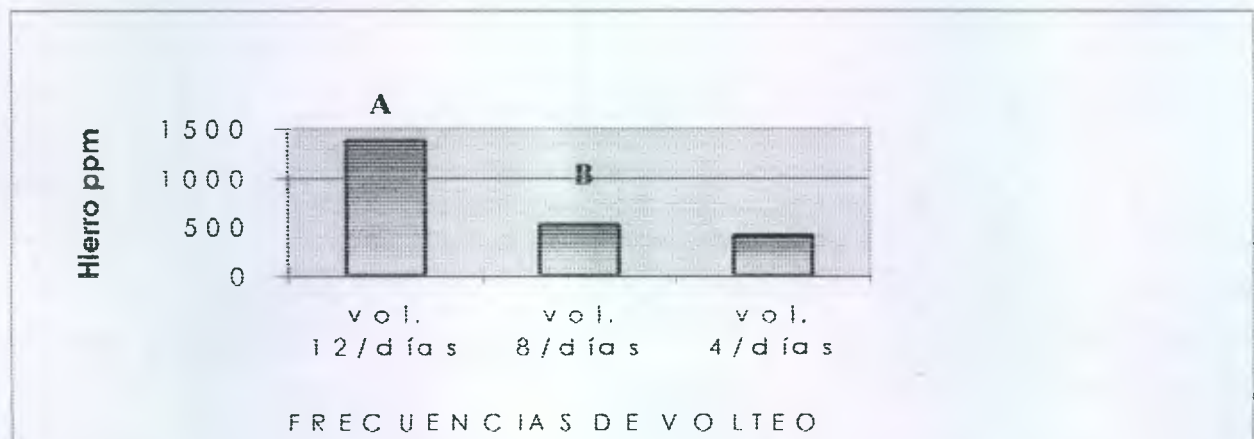


Figura 3. Hierro (ppm) en pulpa de café tratada con ME a diferentes frecuencias de volteo

En el caso del Manganeso, el Andeva determinó un efecto interactivo entre dilución y frecuencia de volteo (Cuadro 1). Los tratamientos con alta concentración de ME (dilución 1:1) y frecuencias de volteo cada 4 días, presentaron las mayores concentraciones de Mn con valores de 67.15 ppm. Por el contrario las menores concentraciones de manganeso se observaron en los tratamientos con agua y frecuencias de volteo cada 4 días, con valores de 28 ppm (Figura 4).

El comportamiento anterior se debió, en parte, a la alta concentración de Microorganismos Efectivos que mineralizaron la pulpa de café, situación que no ocurrió en los tratamientos de agua, por la ausencia de los mismos o la poca efectividad de la flora microbiana nativa.

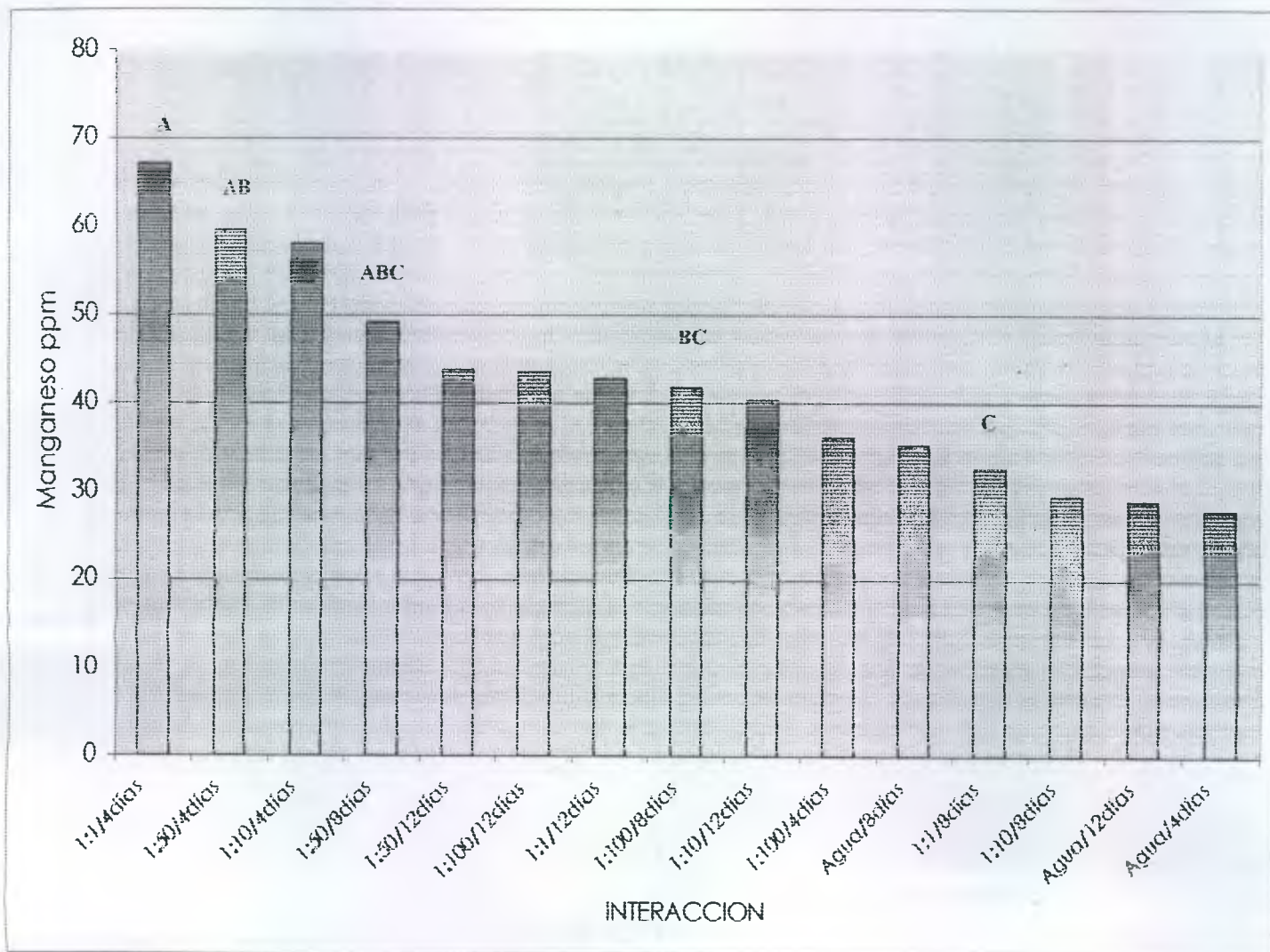


Figura 4. Manganeso (ppm) en pulpa de café tratada con ML en diferentes diluciones y diferentes frecuencias de volteo.

### 8.1.3 Fósforo (P)

Tomando en cuenta el análisis de varianza con estructura factorial (Cuadro 3) los factores estudiados tuvieron significancia para diluciones de ME, la concentración de fósforo, la prueba de tukey indicó que la dilución 1:10 tuvo el porcentaje más alto de fósforo con 0.54% y el más bajo lo presentó la dilución 1:100 con un porcentaje de 0.47% (Cuadro 24).

Con base en los resultados anteriores puede inferirse que en los tratamientos de mayor concentración de ME (1:10), la actividad microbiana fue más intensa, lo que provocó una mayor mineralización y disponibilidad de fósforo como lo demuestran los análisis químicos de laboratorio (Figura 5).

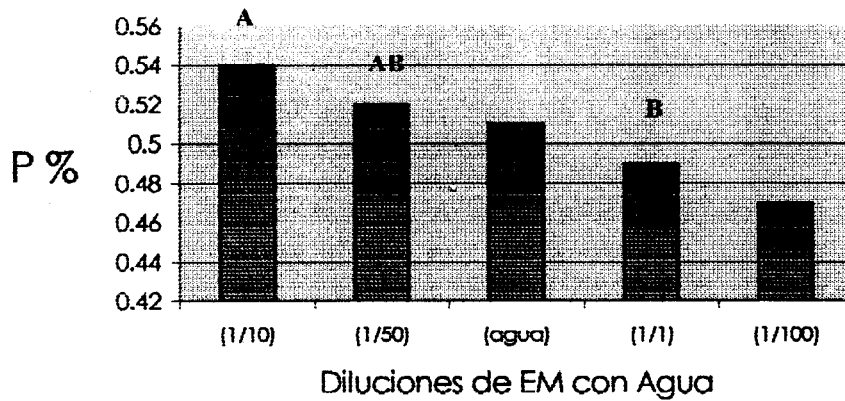


Figura 5. Fósforo (%) en pulpa de café tratada con ME a diferentes diluciones

#### 8.1.4 Magnesio (Mg)

De acuerdo con el ANDEVA con estructura factorial (Cuadro 3) el efecto del factor A (diluciones de ME) fue significativo. La dilución 1:10 de ME presentó el porcentaje de Magnesio más elevado con 0.60 % y la dilución 1:1 el porcentaje más bajo con 0.53 % (Figura 1).

En sustratos o suelos con condiciones demasiado ácidas las plantas pueden presentar deficiencias de magnesio por su baja disponibilidad, por lo tanto su absorción será baja. En el presente caso se cree que por las condiciones de un pH del sustrato con tendencias alcalinas, se podría esperar lo contrario. La concentración de Mg más alta 0.60 % de ME (1:10), incluso el tratamiento únicamente con agua, lo cual indica que los microorganismos nativos de la pulpa colaboraron en la mineralización de la materia orgánica y liberación de Magnesio disponible fuera efectiva.

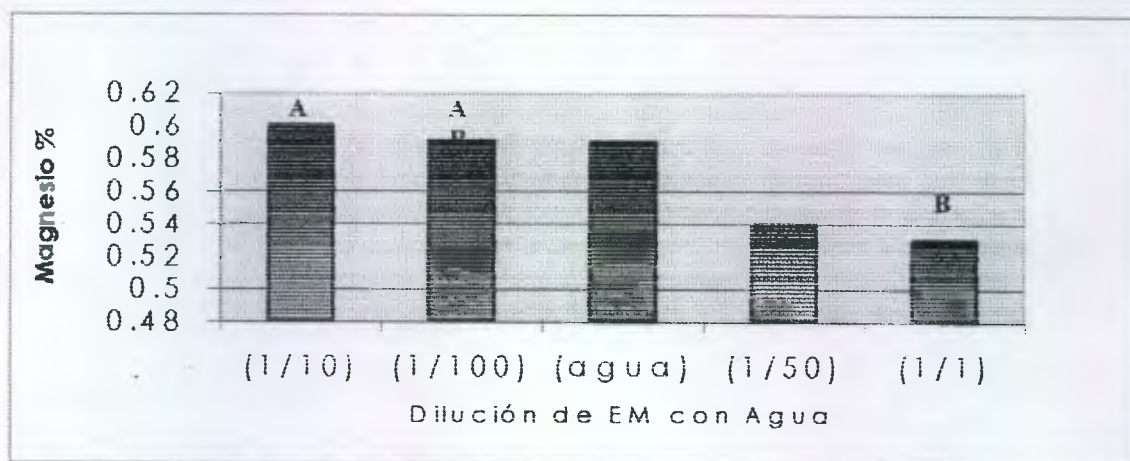


Figura 6. Magnesio (%) en pulpa de café tratada con ME con diferentes diluciones

### 8.1.5 Potencial Hidrógeno (pH)

Para la variable pH, el ANDEVA reveló efecto significativo únicamente para el factor A (diluciones de ME) como se muestra en el Cuadro 3.

El valor más alto de pH tuvo el Factor A, con la dilución 1:1 con 9.21, y el más bajo lo obtuvo la dilución 1:100 con 8.85 respectivamente como lo muestra la Figura 7.

Como se aprecia en la Figura 7 el pH determinado en el laboratorio es bastante básico o alcalino, ámbito en el cual la actividad microbiana hubiera sido afectada; sin embargo de acuerdo con lo observado, los procesos de descomposición, mineralización y transformación del sustrato de pulpa de café, se desarrollaron dentro del ámbito normal. El pH de los abonos fermentados y orgánicos, en la mayoría de los casos, son mayores de 7; es decir, se mantienen en el ámbito alcalino, esto se debe a la volatilidad que puede presentar en algún momento el potencial de hidrógeno, característica que también presenta en tal caso el bokashi o el lombricompost, independientemente de las materias primas que se utilicen para su elaboración, como por ejemplo: pulpa de café, desechos de frutas o natas de café, por López Coronado (2004), quien trabajó con bokashi de residuos de frutas y pulpa de café para abonar el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L).

Lo anterior se sustenta también en el resultado de una muestra compuesta por todos los tratamientos y a la cual se le determinó el pH, dando un valor de 7, considerado normal para las condiciones en que se desarrolló la presente investigación de campo.

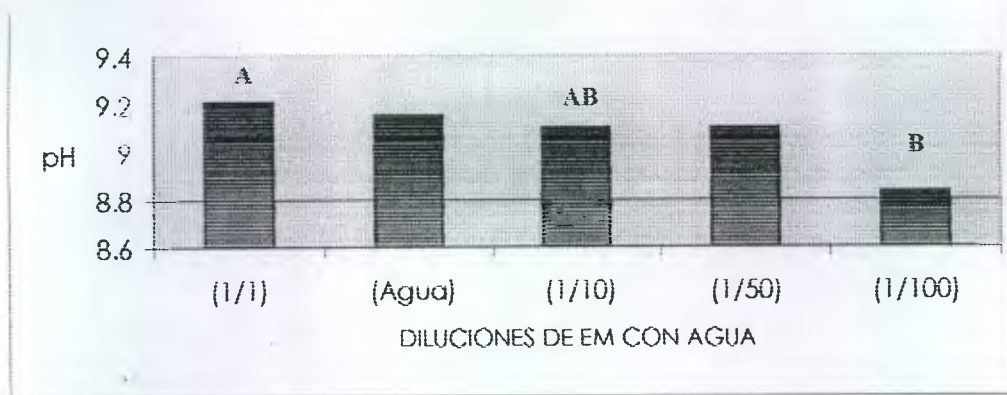


Figura 7. pH en pulpa de café tratada con ME con diferentes diluciones

### 8.1.6 Temperatura

En el caso de la temperatura existió efecto significativo debido a la interacción de los factores estudiados (Figura 8). Se observó una tendencia en los resultados en cuanto a las diluciones, es decir; a mayor concentración de ME en las diluciones más concentradas, las poblaciones de microorganismos fueron mayor y aumentaron en el tiempo; esto generó una alta actividad microbiana, dando como resultado un aumento en la temperatura del sustrato; es decir mayor liberación de calor.

Los tratamientos a los que únicamente se les agregó agua presentaron los valores más bajos de temperatura del sustrato, lo cual da la idea de una baja actividad microbiológica representada únicamente por la flora nativa presente en la pulpa de café.

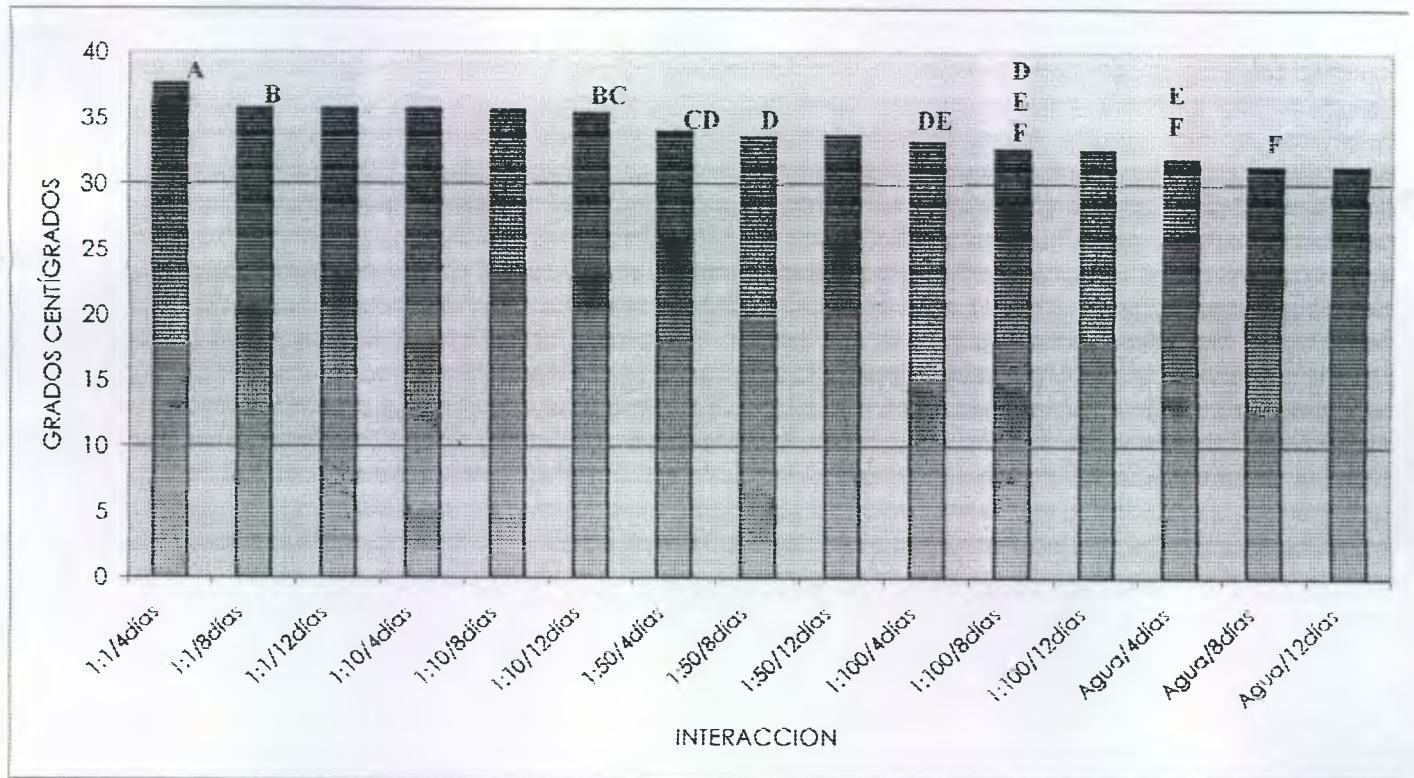


Figura 8. Temperatura (grados centígrados) en pulpa de café tratada con MF en diferentes diluciones y diferentes frecuencias de voltco



## 8.2 Nitrógeno, Relación C/N y Materia Orgánica.

Para las variables Nitrógeno, Relación C/N, Materia Orgánica, Calcio, Cobre y Humedad, no hubo efecto significativo (Cuadro 3).

El contenido de nitrógeno puede considerarse alto en todos los tratamientos sin diferencias notables entre ellos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis químico para Abono Orgánico, por el Laboratorio de Asociación Nacional del Café (ANACAFE).

Tratamientos	% Nitrógeno	Relación C/N	% Materia Orgánica
1:1 Vol. 4 días	2.81	17.77	89.90
1:1 Vol. 8 días	2.37	21.05	89.80
1:1 Vol. 12 días	2.13	23.74	91.00
1:10 Vol. 4 días	2.63	19.03	90.10
1:10 Vol. 8 días	2.6	18.95	88.70
1:10 Vol. 12 días	2.65	18.39	87.70
1:50 Vol. 4 días	2.56	19.01	87.60
1:50 Vol. 8 días	2.98	16.39	87.90
1:50 Vol. 12 días	2.7	18.13	88.10
1:100 Vol. 4 días	2.31	22.01	91.50
1:100 Vol. 8 días	2.23	22.99	92.30
1:100 Vol. 12 días	2.74	18.55	91.50
agua Vol. 4 días	2.24	22.34	91.70
agua Vol. 8 días	2.38	21.27	91.10
agua Vol. 12 días	2.41	21.25	92.20

Por otro lado la relación C/N también puede considerarse adecuada en términos de disponibilidad de nitrógeno para los cultivos en donde se aplique el material como fuente de nutrimento. Los valores de la relación C/N menor de 30 garantizan que el Nitrógeno contenido en el Bioabono será aprovechado por los cultivos sin sufrir procesos de inmovilización.

Por último los contenidos de Materia Orgánica del Bioabono (Cuadro 3), pueden considerarse altos, por lo tanto dicho material puede clasificarse como de buena calidad para programas de nutrición vegetal.

### 8.3 Análisis Económico

El análisis de rentabilidad y la relación beneficio / costo se presenta a continuación en la Cuadro 5.

Cuadro 5. Datos de rentabilidad y relación beneficio / costo para los tratamientos.

No	Tratamiento	Costo* Ton	Rendimiento* qq.	Rendimiento* Ton	Ingreso Bruto	Rentabilidad (%)	Relación Beneficio Costo
1	T14	Q354.74	11.32	0.51	13584	37.29	<b>38.29</b>
2	T18	Q277.18	12.40	0.56	14880	52.68	<b>53.68</b>
3	T112	Q251.32	10.96	0.50	13152	51.33	<b>52.33</b>
4	T104	Q269.81	12.60	0.57	15120	55.04	<b>56.04</b>
5	T108	Q192.25	11.70	0.53	14040	72.03	<b>73.03</b>
6	T1012	Q166.39	12.20	0.55	14640	86.99	<b>87.99</b>
7	T504	Q253.88	10.60	0.48	12720	49.10	<b>50.10</b>
8	T508	Q176.32	10.78	0.49	12936	72.37	<b>73.37</b>
9	T5012	Q150.46	11.87	0.54	14244	93.67	<b>94.67</b>
10	T1004	Q252.13	9.92	0.45	11904	46.21	<b>47.21</b>
11	T1008	Q174.57	10.34	0.47	12408	70.08	<b>71.08</b>
12	T10012	Q148.71	11.21	0.51	13452	89.46	<b>90.46</b>
13	TA4	Q249.48	12.20	0.55	14640	57.68	<b>58.68</b>
14	TA8	Q171.92	11.80	0.54	14160	81.36	<b>82.36</b>
15	TA12	Q146.06	12.00	0.55	14400	97.59	<b>98.59</b>
<b>Total</b>		<b>Q3,235.22</b>	<b>171.90</b>	<b>7.81</b>	<b>206280</b>	<b>62.76</b>	<b>63.76</b>

Donde:

IB = Ingreso bruto

CT = Costo Total

R = Rentabilidad

RCB = Relación beneficio / costo

Según el análisis de costos (Cuadro 5), muchos de los sustratos evaluados presentaron una rentabilidad aceptable, tal como el caso del tratamiento 9, 6 y 12 a los cuales fue aplicado ME y frecuencias de volteo. Sin embargo los tratamientos 14 y 15 poseen una alta rentabilidad, pero en este caso solo fue aplicado la frecuencia de volteo. Lo mismo sucede en la Relación Beneficio Costo con respecto a todos los tratamientos mencionados anteriormente.

En ninguno de los casos se presenta una rentabilidad negativa por lo cual no se pueden descartar ningún tratamiento.

## 9. CONCLUSIONES

1. El efecto de dilución de los Microorganismos efectivos (ME) aplicado al sustrato fue significativa para la concentración del Potasio, Manganeso, Fósforo, Temperatura, pH, Hierro y Magnesio.
2. La concentración del Potasio, Manganeso, Fósforo y pH fue mayor conforme los ME se aplicaron en forma concentrada, mientras que para el Hierro y el Manganeso fue lo contrario.
3. La Temperatura del sustrato fue mayor conforme aumentó la concentración de Microorganismos Efectivos.
4. El efecto de la frecuencia de volteo fue significativa para la concentración de Hierro en el sustrato, es decir que la cantidad de Hierro fue mayor a medida que la frecuencia de volteo fue menor. De la misma manera la Temperatura del sustrato fue significativa por el efecto interactivo de las diluciones de Microorganismos Efectivos y las frecuencias de volteo.
5. En términos generales puede concluirse que el abono resultante después de la acción de los Microorganismos Efectivos, es de buena calidad nutrimental.
6. Los tratamientos con una dilución 1:50 y agua con frecuencia de volteo cada 12 días, presentaron características de calidad comercial igual que las del lombricompost, pero a más bajo costo y con mayor rentabilidad.

## 10. RECOMENDACIONES

1. Realizar evaluaciones con los mejores tratamientos del presente experimento a nivel semi-comercial, tratando de automatizar los procesos de mezcla para reducir costos de operación.
2. Extraer, identificar y evaluar Microorganismos nativos para conocer su desempeño en la degradación de sustratos en la elaboración de abono orgánico.
3. Para suelos con deficiencia de Potasio, Fósforo y Magnesio se recomienda la dilución 1:10, en el caso de deficiencia de Hierro se recomienda la dilución 1:50 con volteo cada 12 días.
4. En cuando a frecuencias de volteo en general por costos y rentabilidad se recomienda el volteo cada ocho y doce días.
5. Se propone tomar en cuenta que el producto ME sea utilizado también en pruebas de fertilización directa al suelo, esperando resultados igual de eficientes.

## 11. BIBLIOGRAFIA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 1992. Manual de beneficiado del café. 2 ed. Guatemala. 119 p.
2. \_\_\_\_\_. 1998. Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala. 309 p.
3. Brahan, JE; Bressani, R. 1978. Pulpa de café, composición, tecnología y utilización. Guatemala, INCAP. 152 p.
4. Calderón Müller, KE. 2004. Evaluación de sustrato para producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, híbrido elias) en recipientes, bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 61 p.
5. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
6. Experiencia de la Universidad EARTH en el uso de la tecnología de EM (Microorganismos Efectivos) en sistemas agropecuarios sostenibles. In Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista (2002, San José, CR). Costa Rica. 1 CD
7. Foth, HD; Turk, LM. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, Continental. 526 p.
8. Fuentes, JL. 1999. El suelo y los fertilizantes. 5 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 352 p.
9. Galeano Fernández, JC. 2000. Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo bocashi, para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 60 p.
10. Higa, T. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (en línea). Okinawa, Japan, University of the Ryukyus. Consultado 5 feb. 2000. Disponible en <http://www.agriton.nl/higa.html>.
11. Ixcot González, CA. 1995. Transformación de la pulpa de café en compost, utilizando la lombriz coqueta roja (*Elisenia fetida*), y un degradador enzimático de rastrojo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 80 p.
12. Leiva Pérez, JR. 1988. Evaluación del degradador enzimático de rastrojo (*Stubble Digester Plus*) en la descomposición de la pulpa de café. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 46 p.
13. Meléndez García, JR. 2003. Evaluación de gallinaza y bacashi, sobre el rendimiento de arveja china (*Pisum sativum* L.) en la finca San Antonio Contreras, San Raimundo, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 63 p.
14. Orellana, JO. 1994. Conversión de la pulpa del fruto del café en abono orgánico, por medio de diferentes procesos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, URL. 152 p.
15. Pelczar, MI; Reid, RD; Chan, EC. 1977. Microbiología. Trad. por Capella, A. y Tay, J. 4 ed. México, Prensa Técnica. 826 p.
16. Schwendener, J. 2000. Bokashi EM, abono de pulpa de café. El Cafetal 2(8):16-17.

17. Shintani, M. 1999. Bokashi (abono orgánico fermentado). Seminario taller internacional Aprovechamiento de subproductos y manejo de desechos de la producción bananera (1999, Costa Rica). Costa Rica, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. 9 p.
18. Solano Divas, EE. 1999. Evaluación de proporciones de pulpa de café y suelo y niveles de nitrógeno en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica L*) en el almácigo, Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 47 p.
19. Thomson, LM. 1978. El suelo y su fertilidad. 3 ed. España, Reverté. 409 p.



10. Bo. Rolando Barrios.

# APENDICE

### Arreglo Combinatorio 4x3

Cuadro 6. Análisis de Varianza para la variable Relación C/N

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	1.25	0.31	1.13	0.36 ns
Fac B	2	0.38	0.19	0.69	0.51ns
Fac AB	8	1.66	0.21	0.75	0.65ns
Error	30	8.34	0.28		
total	44	11.63			

Cuadro 7. Análisis de Varianza para la variable Materia Orgánica

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	117.19	26.3	2.48	0.06ns
Fac B	2	4.54	2.27	0.19	0.82ns
Fac AB	8	82.72	10.34	0.88	0.54ns
Error	30	354.46	11.81		
total	44	558.91			

Cuadro 8. Análisis de Varianza para la variable pH

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	0.76	0.19	4.2	0.008*
Fac B	2	0.11	0.05	1.16	0.32ns
Fac AB	8	0.38	0.05	1.06	0.41ns
Error	30	1.36	0.045		
total	44	2.61			

Cuadro 9. Análisis de Varianza para la variable Temperatura

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	125.42	31.35	108.54	0.0001**
Fac B	2	14.44	7.22	25	0.0001**
Fac AB	8	6.44	0.81	2.79	0.019*
Error	30	8.66	0.29		
total	44	154.98			



Cuadro 10. Análisis de Varianza para la variable Humedad

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	36.15	9.04	2.48	0.06ns
Fac B	2	1.39	0.7	0.19	0.82ns
Fac AB	8	25.57	3.19	0.88	0.54ns
Error	30	109.48	3.65		
total	44	172.6			

Cuadro 11. Análisis de Varianza para la variable Nitrógeno

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	0.2	0.05	2.59	0.05ns
Fac B	2	0.05	0.025	1.29	0.27ns
Fac AB	8	0.13	0.016	0.83	0.55ns
Error	30	0.58	0.0193		
total	44	0.96			

Cuadro 12. Análisis de Varianza para la variable P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	0.28	0.01	5.03	0.003*
Fac B	2	0.001	0.001	0.63	0.53ns
Fac AB	8	0.17	0.002	1.5	0.19ns
Error	30	0.04	0.001		
total	44	0.09			

Cuadro 13. Análisis de Varianza para la variable K<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	2.88	0.72	3.86	0.012*
Fac B	2	0.87	0.43	2.33	0.11ns
Fac AB	8	3.3	0.41	2.21	0.055ns
Error	30	5.6	0.19		
total	44	12.67			

Cuadro 14. Análisis de Varianza para la variable CaO

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	0.51	0.13	1.03	0.4ns
Fac B	2	0.31	0.16	1.3	0.28ns
Fac AB	8	1.13	0.14	1.15	0.35ns
Error	30	3.69	0.12		
total	44	5.65			

Cuadro 15. Análisis de Varianza para la variable MgO

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	0.035	0.01	4.39	0.006*
Fac B	2	0.01	0.004	2.22	0.12ns
Fac AB	8	0.02	0.003	1.62	0.16ns
Error	30	0.06	0.002		
total	44	0.13			

Cuadro 16. Análisis de Varianza para la variable Zinc

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	3.71	0.927	1.52	0.22ns
Fac B	2	3.05	1.53	2.52	0.09ns
Fac AB	8	6.53	0.82	1.34	0.26ns
Error	30	18.24	0.6		
total	44	31.54			

Cuadro 17. Análisis de Varianza para la variable Manganeseo

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	2158.8	539.69	8.05	0.0002**
Fac B	2	1242.64	621.32	9.27	0.0007**
Fac AB	8	2465.57	308.19	4.6	0.001*
Error	30	2010.7612	67.02		
total	44	7877.77			

Cuadro 18. Análisis de Varianza para la variable Hierro

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	9472856.07	2368214.02	6.66	0.0006**
Fac B	2	8469615.34	4234807.67	11.91	0.0002**
Fac AB	8	6254487.34	781810.92	2.2	0.056ns
Error	30	10667689.82	355589.66		
total	44	34864648.58			

Cuadro 19. Análisis de Varianza para la variable Cobre

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F.C	Significancia
Fac A	4	40.34	10.08	0.45	0.76ns
Fac B	2	33.02	16.51	0.74	0.48ns
Fac AB	8	169.92	21.24	0.95	0.48ns
Error	30	667.87	22.26		
total	44	911.17			

### Prueba de medias para el Arreglo Combinatorio 4 x 3 (Tukey)

Cuadro 20. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable pH

A	pH	tukey al 5%
a1(1/1)	9.21	A
a5 (agua)	9.15	A
a2(1/10)	9.1	AB
a3(1/50)	9.1	AB
a4(1/100)	8.83	B

Cuadro 21. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable Temperatura

A	Grados Centigrados Temperatura.	tukey al 5%
a1(1/1)	36.33	A
a2(1/10)	35.11	B
a3(1/50)	34.22	C
a4(1/100)	32.88	D
a5(agua)	31.55	E

Cuadro 22. Prueba de medias para el Factor B (Frecuencia de volteo) la variable Temperatura

B	Grados Centigrados Temperatura.	tukey al 5%
b1	34.8	A
b2	33.8	B
b3	33.47	B

Cuadro 23. Prueba de medias para el Factor AB (Interacción) la variable Temperatura

Tratamientos	Grados Centígrados Temperatura	tukey al 5%
1	37.66	A
2	35.66	B
3	35.66	B
4	35.66	B
5	35.66	B
7	35.33	BC
6	34	CD
8	33.66	D
9	33.66	D
10	33.33	DE
11	32.67	DEF
12	32.66	DEF
13	32	EF
14	31.33	F
15	31.33	F

Cuadro 24. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable P2O5

A	% P2O5	tukey al 5%
a2(1/10)	0.54	A
a3(1/50)	0.52	AB
a5(agua)	0.51	AB
a1(1/1)	0.49	B
a4(1/100)	0.47	B

Cuadro 25. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable K2O4

A	% de K2O4	tukey al 5%
a2 (1/10)	3.95	A
a1 (1/1)	3.9	A
a5 (agua)	3.86	AB
a3 (1/50)	3.91	AB
a4 (1/100)	3.27	B

Cuadro 26. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable MgO

A	% MgO	tukey al 5%
a2(1/10)	0.6	A
a4(1/100)	0.591	AB
a5(agua)	0.59	AB
a3(1/50)	0.54	AB
a1(1/1)	0.53	B

Cuadro 27. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable Manganeso

A	% Manganeso	tukey al 5%
a3(1/50)	50.84	A
a1(1/1)	47.54	A
a2(1/10)	42.57	A
a4(1/100)	40.46	B
a5(agua)	40.12	B

Cuadro 28. Prueba de medias para el Factor B (Frecuencias de volteo) la variable Manganeso

B	% Manganeso	tukey al 5%
b1	49.73	A
b3	39.85	B
b2	37.65	B

Cuadro 29. Prueba de medias para el Factor AB (Interacción) la variable Manganeso

Tratamientos	% Manganeso	tukey al 5%
1	67.15	A
7	59.54	AB
4	57.98	AB
8	49.21	ABC
9	43.77	ABC
12	43.48	ABC
3	42.86	ABC
11	41.79	BC
6	40.3	BC
10	36.1	BC
14	35.23	BC
2	32.59	C
5	29.42	C
15	28.81	C
13	27.87	C

Cuadro 30. Prueba de medias para el Factor A (diluciones de ME) la variable Hierro

A	% Hierro	tukey al 5%
a3(1/50)	1647.3	A
a2(1/10)	784.1	B
a4(1/100)	559.9	B
a5(agua)	458.8	B
a1(1/1)	393.5	B

Cuadro 31. Prueba de medias para el Factor B (Frecuencias de volteo) la variable Hierro

B	% Hierro	tukey al 5%
b3	1379	A
b2	518.7	B
b1	408.6	B



REF. Sem. 82/2004

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL EFECTO DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS (EM) EN DIFERENTES DILUCIONES Y FRECUENCIAS DE VOLTEO SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN DE PULPA DE CAFÉ, SAN MIGUEL DUEÑAS, SACATEPEQUEZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE : LIGIA MARIELA MELÉNDEZ PEREZ

CARNE: 9510073

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES : Ing. Agr. Ervin Maxdelio Herrera de León  
Ing. Agr. Edgar Amílcar Martínez Tambito  
Ing. Agr. Víctor Hermógenes Castillo

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. Luis Felipe León Solares  
A S E S O R

Ing. Agr. Msc. Jorge Omar Samayoa Juárez  
A S E S O R

Dr. David Monterroso Salvatierra  
DIRECTOR DEL IIA

IMPRIMASE

Dr. Ariel Abderramán Ortiz López  
DECANO



DMS/nm  
c.c. Archivo  
IIA  
Control Académico

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central