

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red and white dress, possibly a saint or a historical figure, standing on a white path. Above her is a golden crown with a cross on top. The background is a light blue sky with a yellow sun. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "UNIVERSITAS CAROLINA ACADÉMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS CONSPICUA".

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS DOSIS DE *Trichoderma harzianum*  
PARA ACELERAR EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DE LA  
EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA (*Elaeis guineensis* Jacq),  
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN FINCA YALCOBE, FRAY  
BARTOLOME DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

**ROGER ERNESTO MONTEJO LÓPEZ**

**GUATEMALA, JULIO 2017**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS DOSIS DE *Trichoderma harzianum*  
PARA ACELERAR EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DE LA  
EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA (*Elaeis guineensis* Jacq).**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

**POR**

**ROGER ERNESTO MONTEJO LÓPEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE**

**LICENCIADO**

**GUATEMALA, JULIO DE 2017**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR**

**Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

**JUNTA DIRECTIVA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López</b>
<b>VOCAL I</b>	<b>Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara</b>
<b>VOCAL II</b>	<b>Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Ing. Agr. M. Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>P. Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos</b>
<b>VOCAL V</b>	<b>P. Agr. Cristian Alexander Méndez López</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón</b>

**GUATEMALA, JULIO 2017**

Guatemala, julio 2017

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: **EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS DOSIS DE *Trichoderma harzianum* PARA ACELERAR EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA (*Elaeis guineensis* Jacq).** Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciatura.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

---

ROGER ERNESTO MONTEJO LÓPEZ

## **ACTO QUE DEDICO**

### **A DIOS**

Por darme la vida, por ser el padre que amorosamente me cuida, protege y me guía en el buen camino. Por darme sabiduría, fuerza, y motivación para alcanzar mis sueños.

### **A MIS PADRES**

Yolanda López y Antonio Montejo por el amor, comprensión, confianza, esfuerzos, apoyo incondicional y sobre todo la motivación para poder alcanzar mis sueños.

### **A MIS HERMANAS**

Adriana Montejo, Flor Montejo y Dulce María Montejo por su confianza y apoyo incondicional en todo momento.

### **A MIS TÍOS**

Norma Montejo, Victoria Montejo, Mario Saucedo, y Pierre Lancelot por el apoyo, confianza y consejos brindados.

### **A MI PRIMO**

Ernesto Villatoro, por la confianza depositada en mí, por su apoyo incondicional durante mi vida Universitaria.

### **A MI FAMILIA**

Por el apoyo, cariño, confianza y motivación brindada a lo largo de la vida.

### **A MIS AMIGOS**

A todos y cada uno de ustedes por brindarme su amistad y apoyo incondicional y compartir tantos gratos momentos que serán un recuerdo de las experiencias vividas, en especial a Fernando Montejo, Carlos Hernández, Andrea Reiche, Andrea Guerra, Yeimy Cuadra, Antonio Angel, Angel Gutierrez, Aldo Lossi, por ser más que amigos y apoyarme en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por darme la vida, el amor, la fortaleza, la sabiduría.

**A mis padres**, por sus esfuerzos infinitos, por ser mi ejemplo a seguir, por todo el amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

**A mis hermanas**, por confiar en mí y apoyarme siempre.

**A la Universidad de San Carlos de Guatemala**, por ser el alma mater de mis conocimientos y permitirme convertirme en un profesional.

**A la Facultad de Agronomía**, por bríndame todos los conocimientos necesarios y formarme como profesional.

**A mis profesores**, por brindarme los conocimientos que me ayudaron a culminar esta meta.

**A mi supervisor**, Dr. Marco Vinicio por compartir su tiempo y conocimientos para lograr este trabajo de graduación.

**A mi asesor**, Ing. Agr. Vicente Martínez por compartir sus conocimientos, su tiempo y apoyarme a culminar esta meta.

**A Naturaceites, S.A.** por brindarme la oportunidad de desempeñarme profesionalmente

A todos aquellos que creyeron en mí, a aquellos que esperaban que lograra terminar la carrera, a todos aquellos que apostaron a que no me rendiría a medio camino, a todos los que estaban seguros que lograría terminar con éxito este trayecto de mi vida.

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
_Toc475011343	
RESUMEN .....	xiv
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO	
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA FINCA YALCOBE, NATURACEITES; FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ .....	1
1.1    PRESENTACIÓN .....	2
1.2    MARCO REFERENCIAL .....	3
1.2.1 Superficie geográfica .....	3
1.2.2 Vías de acceso .....	3
1.2.3 Clima .....	3
1.2.4 Uso actual del suelo .....	3
1.3    OBJETIVOS .....	4
1.3.1 General .....	4
1.3.2 Específicos .....	4
1.4    METODOLOGÍA.....	5
1.4.1 Recopilación de información general .....	5
1.4.2 Organización del departamento técnico agrícola .....	5
1.4.3 Descripción de actividades desarrolladas en cada área. ....	5
1.4.4 Descripción de los proyectos de investigación.....	5
1.4.5 Análisis de la información .....	5
1.5    RESULTADOS .....	6
1.5.1 Ubicación geográfica .....	6
1.5.2 Organigrama del departamento técnico-agrícola.....	6
1.5.3 Principales actividades desarrolladas en las áreas del departamento técnico- agrícola. ....	7
1.5.4 Descripción de principales actividades y proyectos del área de investigación en la región Franja Transversal del Norte (FTN).....	9
1.5.5 FODA del área de investigación. ....	10



<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
1.5.6 Estrategias para mitigar debilidades y amenazas.....	12
1.6 CONCLUSIONES .....	14
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS DOSIS DE (<i>Trichoderma harzianum</i>) PARA ACELERAR EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS EN LA EXTRACCION DE ACEITE CRUDO DE PALMA (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq).....</b>	
2.1 PRESENTACIÓN .....	16
2.2 MARCO TEÓRICO .....	18
2.2.1 Marco Conceptual .....	18
2.2.2 Microbiología del compostaje .....	28
2.2.3 Biología de <i>Trichoderma</i> .....	29
2.2.4 Proceso de extracción de aceite .....	29
2.3 HIPÓTESIS .....	30
2.4 OBJETIVOS .....	31
2.4.1 Objetivo general .....	31
2.4.2 Objetivos específicos .....	31
2.5 METODOLOGÍA.....	32
2.5.1 Ubicación del experimento .....	32
2.5.2 Descripción del experimento .....	33
2.5.3 Unidad experimental .....	34
2.5.4 Descripción de tratamientos .....	34
2.5.5 Diseño experimental .....	34
2.5.6 Aleatorización de tratamientos .....	35
2.5.7 Procedimiento de inoculación .....	35
2.5.8 Procedimiento de muestreo.....	36
2.5.9 Variables respuesta .....	36
2.5.10 Manejo agronómico.....	38
2.5.11 Origen de los efluentes .....	39
2.5.12 Inoculación .....	39
2.5.13 Análisis de la información .....	39

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
2.6.1 Resumen ANDEVA semanal de relación C/N, M.O., pH, N, P y K.....	40
2.6.2 Resultados, ANDEVA y gráfica de los niveles de relación C/N .....	40
2.6.3 Porcentaje de Materia Orgánica (% M.O.) .....	42
2.6.4 Potencial de Hidrógeno (pH) .....	44
2.6.5 Comportamiento del Nitrógeno (N). .....	46
2.6.6 Comportamiento del Fósforo (P) .....	48
2.6.7 Comportamiento del Potasio (K) .....	50
2.6.8 Comportamiento de la Temperatura .....	52
2.6.9 Comportamiento del Porcentaje de Humedad .....	53
2.7 CONCLUSIONES .....	57
2.8 RECOMENDACIONES.....	58
<b>CAPÍTULO III</b>	
SERVICIOS PRESTADOS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN, FINCA YALCOBE, NATURACEITES, FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ. ....	59
3.1 PRESENTACIÓN.....	60
3.2 AREA DE INFLUENCIA.....	61
3.3 SERVICIOS PRESTADOS.....	61
3.3.1 Implementación de buenas prácticas agrícolas en la aplicación de ácido fosfórico. ....	61
3.3.2 Apoyo en la coordinación y supervisión de actividades de campo. ....	66
3.3.3 Actualización de manuales de procedimiento y creación de formatos para actividades investigación agrícola.....	69
a. BIBLIOGRAFÍA .....	74
b. ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1. Principales actividades realizadas en las áreas del Departamento Técnico-Agrícola. ....	8
Cuadro 2. FODA del área de investigación. ....	10
Cuadro 3. Parámetros de calidad del compost. ....	22
Cuadro 4. Resumen del Análisis de Varianza, para las variables C/N, % M.O., pH, N, P y K. ....	40
Cuadro 5. Relación C/N alcanzado durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	40
Cuadro 6. Análisis de varianza, para la relación C/N alcanzada durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	41
Cuadro 7. Porcentaje de M.O., alcanzado durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	43
Cuadro 8. Análisis de varianza de % M.O., durante el proceso de compostaje. ....	43
Cuadro 9. pH durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	45
Cuadro 10. Análisis de la varianza para el pH durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	45
Cuadro 11. Comportamiento de nitrógeno durante el proceso de compostaje. ....	47
Cuadro 12. Análisis de la varianza (SC tipo III) para el contenido de nitrógeno. ....	47
Cuadro 13. Contenido de fósforo alcanzado durante el proceso de compostaje. ....	49
Cuadro 14. Análisis de la varianza para el contenido de fósforo. ....	49
Cuadro 15. Contenido de potasio alcanzado durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	51
Cuadro 16. Análisis de la varianza (SC tipo III) para el contenido de potasio alcanzado. ....	51
Cuadro 17. Control de conformación de pilas de compostaje, dosis y fechas de aplicación de <i>Trichoderma harzianum</i> sobre unidades experimentales. ....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1. Ubicación del municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. ....	6
Figura 2. Organigrama del Departamento Técnico-Agrícola. ....	7
Figura 3. Etapas del proceso de compostaje. ....	23
Figura 4. Proceso de compostaje. ....	27
Figura 5. Dinámica poblacional de los microorganismos en el compostaje. ....	28
Figura 6. Diseño de la compostera. ....	32
Figura 7. Ubicación de bloques y distribución de tratamientos. ....	33
Figura 8. Aleatorización y ubicación de tratamientos. ....	35
Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo en las unidades experimentales. ....	36
Figura 10. Comportamiento de la relación C/N alcanzada durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	42
Figura 11. Porcentaje de M.O. alcanzado durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	44
Figura 12. pH alcanzado durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	46
Figura 13. Comportamiento del nitrógeno (N) durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	48
Figura 14. Comportamiento del fósforo durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana. ....	50
Figura 15. Comportamiento del potasio durante las siete semanas de proceso de compostaje. ....	52
Figura 16. Comportamiento de la Temperatura (°C) durante las siete semanas de compostaje de raquis de palma africana. ....	53
Figura 17. Porcentaje de Humedad (%H) durante las siete semanas de compostaje de raquis de palma africana. ....	54
Figura 18. Primera página del manual de aplicación de ácido fosfórico. ....	64
Figura 19. Traje de aplicación de ácido fosfórico. ....	65

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 20. Equipo de protección.....	65
Figura 21. Hoja de control.....	65
Figura 22. Cronograma del área de investigación.....	68
Figura 23. Charla antes de iniciar la fertilización.....	68
Figura 24. Racimos listos para ser pesados.....	68
Figura 25. Página inicial de manual de procedimiento para polinización asistida.....	71
Figura 26. Página inicial del manual de procedimiento, manejo de aplicación de fertilizantes, ensayo de balance de fórmulas NPK.....	72
Figura 27. Página inicial del Manual de procedimiento de disección de palma aceitera ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq).....	72
Figura 28. Formato de control de peso de racimos.....	73
Figura 29. Formato de control de uso del equipo de protección personal y manejo de fertilizantes.....	73

## RESUMEN

En este documento se presentan las actividades realizadas como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA- en el periodo comprendido de febrero a noviembre de 2014; en el área de investigación agrícola de Naturaceites S.A., el mismo consta del Diagnóstico, Investigación y Servicios realizados en el municipio de Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, C. A.

El diagnóstico es la primera fase de este documento y se realizó en el área de investigación agrícola, del Departamento Técnico Agrícola de Naturaceites S.A. Durante el proceso se recopiló información por medio de fuentes primarias, secundarias y observación. Se analizó el organigrama general del departamento y la función que tiene cada área dentro del mismo. Para el área de investigación en específico se procedió por medio de un FODA, con el cual se descubrieron las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas con las que cuenta. Para cada una de las Debilidades y Amenazas se presenta una estrategia para minimizar los riesgos y convertirlas en Fortalezas y Oportunidades.

En la segunda fase del documento se encuentra la investigación, en la que se evaluó el efecto descomponedor de celulosa, por parte del hongo *Trichoderma harzianum*, sobre el raquis de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). El experimento se llevó a cabo en la compostera, propiedad de la empresa Naturaceites, S.A., ubicada en la Finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Los tratamientos evaluados fueron, un testigo relativo (sin aplicación de *T. harzianum*) más tres dosis de *T. harzianum* en concentración igual o mayor a  $1 \times 10^7$  Unidades Formadoras de Colonias (UFC), T1=200 ml de *T. harzianum*/Tonelada métrica de raquis; T2= 800 ml de *T. harzianum*/Tonelada métrica de raquis; T3=1,600 ml de *T. harzianum*/Tonelada métrica de raquis.

El experimento contó con 16 unidades experimentales, que consistían en camas de 10 metros de longitud con un volumen de 17-20 Tm de raquis, a las cuales se le aplicó la misma cantidad de efluentes.

Todas las unidades experimentales recibieron el mismo manejo, que consistía básicamente voltear las camas, actividad realizada con la máquina Menart ® (diseñada especialmente para esta labor) y la aplicación de efluentes o lodos, que en ocasiones se realizaba simultáneamente con el volteo de camas y en otras se hacía de manera aislada, esto dependía básicamente del porcentaje de humedad presente, siempre tratando de mantenerla en un rango de 60-70%.

La tercera fase del documento consiste en los servicios que se realizaron en el área de investigación agrícola. Los servicios que se realizaron son; 1) Implementación de buenas prácticas agrícolas en la aplicación de ácido fosfórico. 2) Apoyo en la coordinación y supervisión de actividades de campo. 3) Actualización de manuales de procedimiento y creación de formatos para actividades de investigación agrícola.





## 1.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) ha tenido entre 2005-2015 un crecimiento de 8000 ha anuales y se ha expandido por departamentos como San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Quiché, Izabal y Petén, según las estadísticas de la Gremial de Palmicultores de Guatemala (GREPALMA).

Naturaceites es una empresa productora de aceite de palma, que tiene un programa de apoyo a estudiantes para que puedan realizar sus prácticas respectivas. En el presente caso el EPS se llevó a cabo en el área de investigación del departamento técnico-agrícola de la Finca Yalcobé, ubicada en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Cobán, Alta Verapaz.

El área de investigación tiene una estrecha relación con las demás áreas del departamento técnico agrícola: nutrición, sanidad, control de calidad, compostera, insectario y laboratorio agrícola. Sin embargo para poder definir el tema de investigación y los servicios a prestar, fue necesario llevar a cabo un diagnóstico, con el objetivo de conocer las condiciones biofísicas, socioeconómicas, tecnológicas e institucionales de las áreas de trabajo.

El diagnóstico se elaboró en 3 fases , la primera fase comprendió la elaboración del plan, con el cual se definió el problema, objetivos, metodología y cronograma, la segunda fase consistió en recabar información primaria y secundaria a través de observación y entrevistas, y la tercera fase en el análisis de la información, logrando así conocer el área de trabajo, e identificar los principales problemas, para luego planificar los servicios de acuerdo a estrategias a seguir para proporcionar soluciones viables.

## **1.2 MARCO REFERENCIAL**

### **1.2.1 Superficie Geográfica**

De acuerdo con los datos del Sistema de Información Geográfica (SIG) de Naturaceites, la finca Yalcobé posee una superficie total de 633.9 ha.

### **1.2.2 Vías de acceso**

El recorrido para poder ingresar a la finca Yalcobé, NaturAceites, dirigiéndose desde la ciudad de Guatemala puede ser por dos vías, una de ellas es por la ruta que conduce a Cobán con un promedio de cuatro horas y media de viaje (Guatemala-Coban) utilizando el transporte Monja Blanca, luego de Cobán a Fray Bartolomé de las Casas (aproximadamente 3 horas) atravesando las poblaciones de Chisec y Raxruhá, existen microbuses que se dirigen de Cobán a Fray Bartolomé de las Casas. El recorrido desde la ciudad de Guatemala-Fray Bartolomé de las casas es de 360 km de la ciudad capital, con un tiempo promedio de ocho horas y media de viaje en total.

Otra vía de acceso es por la Franja Transversal del Norte dirigiéndose de la ciudad Capital a Río Dulce, Cadenas, Chahal, Fray Bartolomé de las Casas. Para llegar se toma la carretera al Atlántico (CA-9 N) hasta llegar a la bifurcación en el km 245, a la altura de la Ruidosa, en donde se toma el desvío hacia Fronteras, de Río Dulce tomar un bus que pase por Cadenas-Chahal-Fray. Por esta ruta son 420 km desde la ciudad de Guatemala y un tiempo de 8 horas aproximadamente.

### **1.2.3 Clima**

De acuerdo con (Barrera, 2006), el clima que predomina en la región es cálido húmedo, marcándose dos épocas, la época seca en los meses de marzo a mayo y la época lluviosa el resto del año, la temperatura promedio percibida en el municipio es de 25 grados Celsius, la máxima extrema de 38 grados Celsius y la mínima extrema de 14 grados Celsius.

### **1.2.4 Uso Actual del Suelo**

Debido a las condiciones climáticas predominantes en la finca Yalcobé, el uso actual del suelo es el cultivo de palma africana.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 General**

- Determinar las principales actividades, desarrolladas en el departamento técnico agrícola, de la finca Yalcobé, con la finalidad de describir la problemática encontrada.

### **1.3.2 Específicos**

- Describir la organización del Departamento técnico-agrícola.
- Conocer los principales proyectos de investigación del departamento técnico agrícola.
- Definir el área de investigación agrícola en la cual aún no se ha realizado proyectos.

## **1.4 METODOLOGÍA**

La metodología utilizada en la obtención de información relaciona el sistema de observación secuencial acompañado de las entrevistas personales desarrolladas a través del proceso de diagnóstico.

### **1.4.1 Recopilación de información general**

Por medio de la fase de gabinete se recopiló información del cultivo de palma aceitera por medio de fuentes primarias (entrevista al personal del departamento técnico) y fuentes secundarias (documentos, libros, archivos de la empresa) esto con el propósito de obtener conocimientos introductorios del cultivo.

### **1.4.2 Organización del Departamento técnico agrícola**

La revisión bibliográfica sobre la organización del departamento técnico agrícola se llevó a cabo en la búsqueda y revisión del organigrama existente, así como las responsabilidades de cada una de las áreas dentro de la organización.

### **1.4.3 Descripción de actividades desarrolladas en cada área.**

La revisión bibliográfica de la información generada en cada una de las áreas y entrevistas a responsables de áreas. Se realizó también un sondeo a responsables de cada una de las áreas, verificando el que hacer de cada una estas.

### **1.4.4 Descripción de los proyectos de investigación.**

La entrevista a la encargada de investigación, incidió en el reconocimiento de los experimentos y actividades a cargo del área. Además de conocer los proyectos también se indago en el nivel de avance de cada uno.

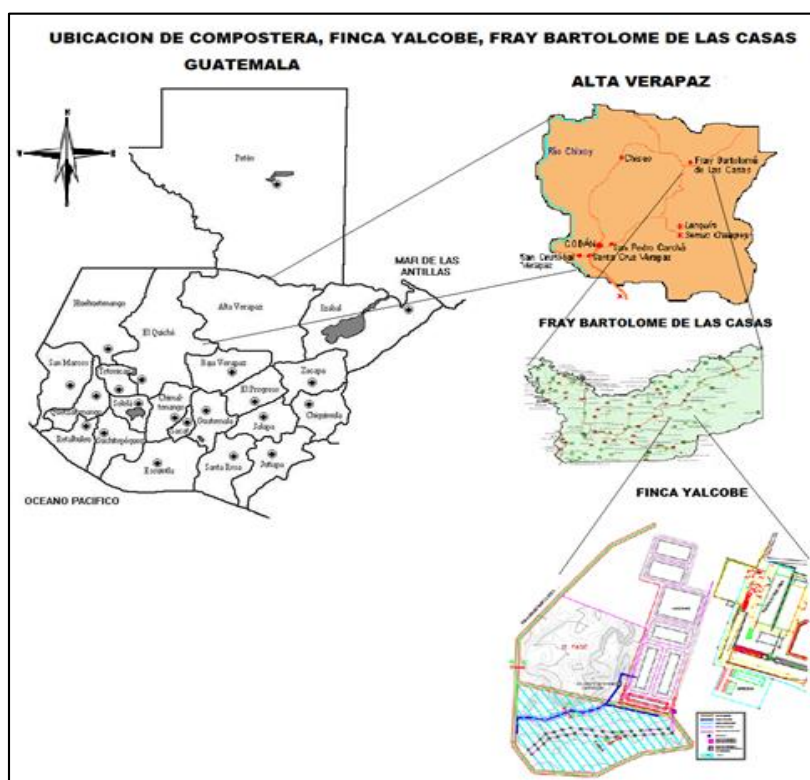
### **1.4.5 Análisis de la información**

Con la información recopilada de la fase de gabinete y de campo se procedió a ordenar y analizar la misma, esto con el propósito de presentar las generalidades y los principales problemas que se observaron en el vivero y los resultados de este diagnóstico

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Ubicación Geográfica

La Finca Yalcobé pertenece a la empresa Naturaceites S.A., localizada en el Municipio de Fray Bartolomé de las Casas, departamento de Alta Verapaz, que en promedio se encuentra a 146 msnm. El municipio de Fray Bartolomé de las Casas cuenta con una extensión territorial de 1,229 km<sup>2</sup>.

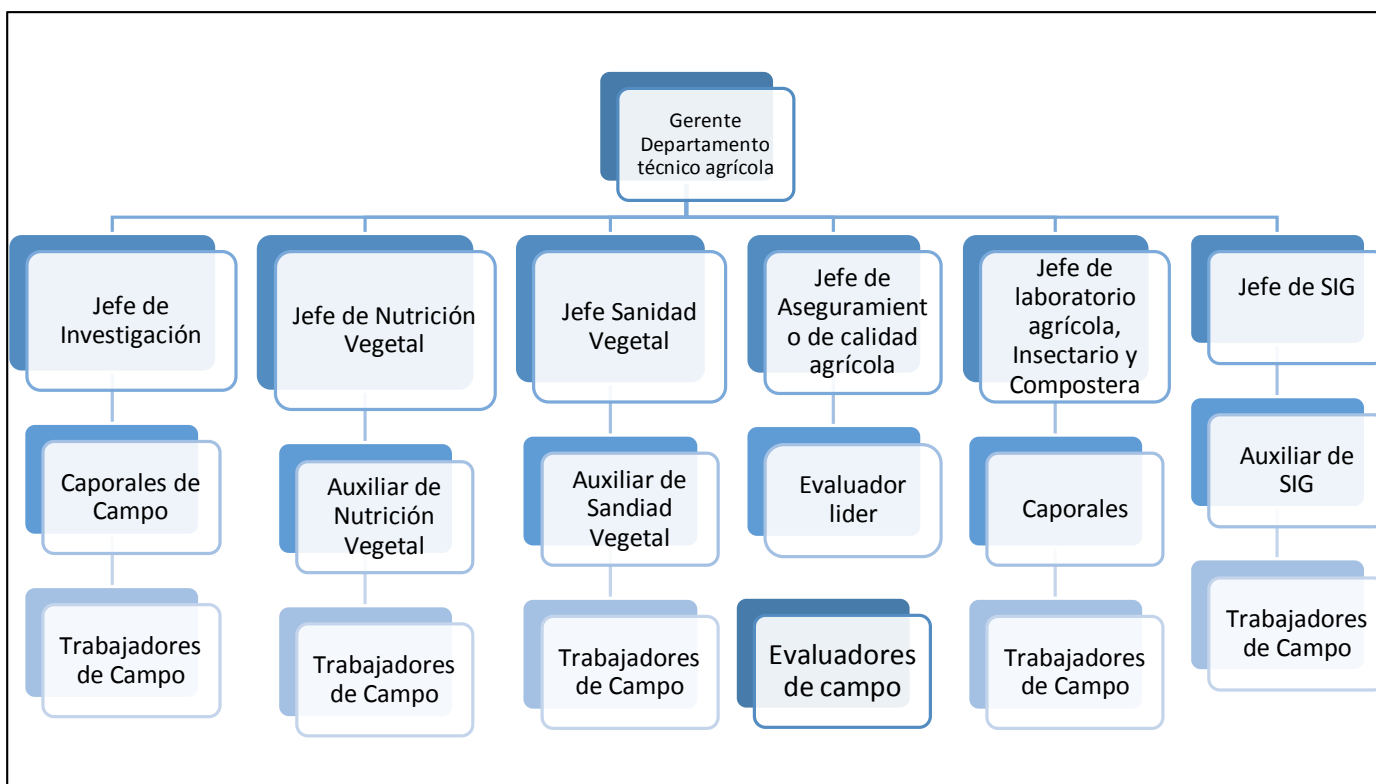


Fuente: Depto. de Ingeniería Agrícola.

**Figura 1. Ubicación del municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.**

### 1.5.2 Organigrama del Departamento Técnico-Agrícola.

El departamento técnico-agrícola, está organizado de tal manera que cuenta con un gerente, el cual tiene a cargo las áreas de investigación, nutrición vegetal, sanidad, control de calidad, SIG, laboratorio agrícola, compostera e insectario.



**Figura 2. Organigrama del Departamento Técnico Agrícola.**

### 1.5.3 Principales actividades desarrolladas en las áreas del Departamento Técnico-Agrícola.

Cada una de las áreas del departamento tienen actividades específicas en el manejo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq), por lo cual en el diagnóstico las principales actividades realizadas en cada área del departamento agrícola se presentan de manera general en el cuadro siguiente.

**Cuadro 1. Principales actividades realizadas en las áreas del Departamento Técnico-Agrícola.**

Área	Principales actividades
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de proyectos de investigación.</li> <li>• Seguimiento, supervisión y control de proyectos de investigación.</li> </ul>
Sanidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de plagas y enfermedades.</li> </ul>
Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de: Cosecha, Corte de fruta, Control de malezas, Mediciones de parámetros y Control de fertilización, Trampas, Siembra.</li> </ul>
SIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de Sistemas de Información Geográfica.</li> </ul>
Laboratorio Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción y preparación de muestras foliares, suelo y raquis.</li> <li>• Preparación de muestras de picudo <i>Rhynchophorus</i>, para evaluar la cantidad de <i>Rophasellencus</i>.</li> <li>• Reproducción de microorganismos agentes de control biológico (<i>Metarhizium</i> y <i>Trichoderma</i>).</li> </ul>
Compostera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de Compost con subproductos de la extracción de aceite.</li> <li>• Aplicación de compost</li> </ul>
Insectario (Manejo integrado de moscas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducción de parasitoides (Control Biológico).</li> <li>• Elaboración de trampas (Control Etológico).</li> </ul>
Nutrición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar y desarrollar los proyectos de fertilización según los requerimientos</li> </ul>

#### 1.5.4 Descripción de principales actividades y proyectos del área de investigación en la región Franja Transversal del Norte (FTN)

##### 1.5.4.1 Supervisión de actividades de campo.

- **Muestreo:** Verificar que el muestreo foliar se lleve a cabo en el número de palma correspondiente y de la manera adecuada. Para el caso de suelos, verificar si las muestras se obtienen a la profundidad adecuada.
- **Medición de parámetros:** Supervisar que la medición de parámetros se realice en el número adecuado de palmas y de la forma correcta.
- **Fertilización:** Verificar que la aplicación de fertilizante sólido y líquido, tenga la distribución correcta en cada una de las palmas.
- **Peso de Racimos:** Esta actividad se lleva a cabo únicamente en días de cosecha, pues se pesan los racimos cortados, por lo tanto es necesario coordinar dichas actividades, pues los racimos no pueden ser evacuados del área sin haber sido pesados.
- **Conteo de inflorescencias:** Verificar que el conteo de inflorescencia se lleve a cabo en el Lote, Centro Frutero y en el número de palma correcta.

#### A. Evaluación de distintas Formulaciones de NPK

Para este ensayo se cuenta con 48 parcelas ubicadas en el lote 8, de la Finca Yalcobé, en las cuales se evalúa la aplicación de distintas combinaciones de NPK. Y en dichas parcelas se lleva a cabo el muestreo de suelos y foliares.

- **Evaluación del potencial de respuesta:** Este ensayo igualmente se encuentra ubicado en el lote 8, de la finca Yalcobé. Cuenta con 5 tratamientos los cuales se implementaron 4 repeticiones, con una distribución aleatoria, en el cual se evalúan 4 tratamientos con aplicación de distintas fórmulas comerciales, y el testigo formulas convencionales.



### 1.5.5 FODA del área de investigación.

**Cuadro 2. FODA del área de investigación.**

FORTALEZAS	DEBILIDADES
F1- Buena comunicación con las áreas del departamento Técnico-Agrícola.	D1- No hay capacitación constante del personal de campo.
F2- Se cuenta con los recursos financieros necesarios para las diferentes actividades.	D2- Bodega desordenada por falta de estantes para ubicar materiales y equipo.
F3- Nuevo coordinador del área de investigación ofrece mejor coordinación entre regiones y atención personalizada a cada una.	D3- Poca organización a nivel personal por parte de los trabajadores de campo.
F4- Capacitación constante por parte del jefe de área.	D4- Hay material que no se utiliza y que podría ser útil para resguardar formatos y hojas de registro durante actividades de campo.
F5- Personal necesario y con experiencia para las actividades que realizan.	D5- Falta de estantes para ordenar material y Equipo de Protección Personal EPP.
F6- El personal de campo aprende rápido.	D6- En el lote de trabajo no hay áreas de descanso, comida, preparación de diluciones y distribución de materiales.
F7- Trabajadores de campo cuentan con la educación necesaria para las tareas que realizan.	D7- No hay un lugar donde colocar desechos de fertilizaciones.
F8- Hay compromiso en el área por parte del jefe de área.	D8- Durante el trabajo de campo por lluvia o sudoración excesiva de trabajadores se destruye material informativo (croquis, dosis).
F9- Se cuenta con certificación Rainforest Alliance.	D9- Personal de campo no tiene iniciativa en hacer actividades en tiempo libre.
	D10- La comunicación entre jefe y trabajadores de campo se está volviendo tensa

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>O1- Posibilidad de establecer nuevos proyectos de investigación en cada una de las áreas de trabajo.</p> <p>O2- Apoyo por parte de otras áreas en distribución de materiales.</p> <p>O3- Demostrar la utilidad práctica de los proyectos de investigación.</p> <p>O4- Ampliar conocimiento al interactuar con otras áreas del departamento.</p> <p>O5- Con charlas constantes y adecuadas se puede motivar a todo el personal a que se sienta comprometido con el área y la empresa a la que pertenecen.</p>	<p>Permanentes (no asociadas a las debilidades)</p> <p>A1- Elaboración de protocolos requiere de tiempo.</p> <p>A2- En ciertas épocas existe saturación de trabajo.</p> <p>A3- Hay ensayos en fincas lejanas y el tiempo para supervisión es limitado.</p> <p>A4- Al momento de muestreos se pueden alterar las muestras o datos y afectar la proyección de resultados.</p>
<p>O6- Demostrar la capacidad de gestión de nuevos proyectos en las diferentes áreas del departamento técnico.</p>	<p>Circunstanciales (asociadas a las debilidades)</p> <p>A1- No hay fidelidad por parte de algunos trabajadores.</p> <p>A2- No se utiliza estadística en algunos ensayos.</p> <p>A3- Riesgo a perder la certificación por no seguir normas.</p> <p>A4- Cuando existe apoyo por parte de personal de nutrición, hay personas que no realizan las actividades de manera adecuada por no estar comprometidos con el área.</p>

### **1.5.6 Estrategias para mitigar debilidades y amenazas**

D1- No hay capacitación constante del personal de campo.

E1- Capacitar mensualmente al personal de campo, con temas de motivación (para hacer un mejor trabajo) y formas adecuadas para realizar las actividades del área de investigación.

D2- Bodega desordenada por falta de estanterías para ubicar materiales y equipo.

E2- Ordenar los materiales y equipo en la bodega, si es posible ubicar una mesa pequeña y silla para proporcionar un ambiente adecuado de trabajo.

D3- Poca organización a nivel personal por parte de los trabajadores de campo.

E3- Proporcionar una agenda o libreta de campo donde puedan organizar sus actividades e incluir temas de orden y uso del tiempo en las capacitaciones.

D4- Existencia de material no utilizado y que podría ser útil para resguardar formatos y hojas de registro durante actividades de campo.

E4- Distribuir el material a los trabajadores de campo, comprometiéndolos a mejorar el orden y limpieza del material proporcionado.

D5- Falta de estanterías para ordenar material y Equipo de Protección Personal (EPP).

E5- Adquirir estanterías que sirvan únicamente para almacenar los EPP.

D6- En el lote de trabajo no se cuenta con áreas de descanso, comida, preparación de diluciones y distribución de fertilizante.

E6- Crear áreas de descanso, comida, preparación de diluciones y lugares donde dejar materiales durante las fertilizaciones y actividades de campo.

D7- No existe un lugar donde colocar desechos de fertilizaciones.

E7- Construir una cama Biodep como un lugar para verter desechos químicos empleados en actividades de investigación.

- D8- Durante el trabajo de campo por lluvia o sudoración excesiva de trabajadores se destruye material informativo (croquis, dosis).
- E8- Emplasticar o proporcionar bolsas plásticas transparentes para resguardar papeles.
- D9- Personal de campo no tiene iniciativa en hacer actividades en tiempo libre.
- E9- Motivar al personal con actividades productivas en tiempo libre.
- D10- La comunicación entre jefe y trabajadores de campo se está volviendo tensa.
- E10- Mejorar la comunicación mediante actividades que reafirmen confianza (charlas constantes, comunicación abierta, charlas de motivación, ejercicios de grupo).
- D11- Relación entre personal de investigación y nutrición es tensa al momento de apoyarse entre ellas, pues creen que están haciendo trabajo que no les corresponde.
- E11- Reunión para aclarar que trabajan en la misma empresa, por lo tanto es responsabilidad de todos.

## 1.6 CONCLUSIONES

- 1.6.1** El departamento Técnico-Agrícola consta de un gerente general al cual le reportan las jefaturas de Investigación, Nutrición Vegetal, Sanidad Vegetal, Aseguramiento de calidad, Laboratorio Agrícola y Sistemas de Información Geográfica.
- 1.6.2** Al realizar la descripción de las principales actividades desarrolladas en cada una de las áreas del departamento Técnico Agrícola, se identificaron nuevos proyectos de investigación. El área de investigación tiene actualmente asignado el Lote 8 para llevar a cabo experimentos, en él se llevan a cabo proyectos de potencial de respuesta, y fertilización con distintas dosis de NPK.
- 1.6.3** El factor tiempo es limitante en el área de investigación, por lo tanto, no se han hecho investigaciones en varias áreas. Sin embargo, se priorizo el área de compostera, en la cual se tiene poco espacio disponible para el compostaje del raquis de palma obtenido durante la extracción de aceite.



**CAPÍTULO II**  
**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS DOSIS DE (*Trichoderma*  
*harzianum*) PARA ACELERAR EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE**  
**SUBPRODUCTOS EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA (*Elaeis*  
*guineensis* Jacq).**

## 2.1 PRESENTACIÓN

La extracción de aceite de palma africana (*Elaeis guinensis* Jacq.) genera subproductos, principalmente raquis y efluentes, los cuales al no recibir el manejo conveniente se convierten en fuentes de contaminación para el ecosistema.

Los efluentes son subproductos orgánicos de mayor contenido nutricional en la agroindustria de la palma de africana (Stichnothe y Schuchardt, citado por Galindo y Romero 2012), pues contienen la mezcla de aceite, materia orgánica (fibra de frutos, harina de coquillo), cenizas, agua y lodos; por lo tanto, son considerados el mayor potencial de contaminación si no se manejan de forma adecuada (Singh 2010, citado por Galindo y Romero 2012). Por otra parte, el raquis también puede convertirse en una fuente de contaminación y hospedero de agentes patógenos.

La empresa Naturaceites, trabaja bajo el concepto “cero desperdicios”, utilizando el compostaje como una herramienta de fertilización, esta técnica que permite la biodegradación controlada de la materia orgánica (raquis y efluentes) previa a su incorporación al campo de cultivo.

La técnica del compostaje, en este caso en particular se refiere al acelerar el proceso de mineralización de la naturaleza, Reiche (2012). Logrando de esta manera que los subproductos generados durante la extracción no se conviertan en un foco de contaminación y puedan tener el efecto contrario al ser utilizados en forma de compost, favoreciendo así la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

En esta investigación se evaluó el efecto causado al facilitar la inoculación de un microorganismo en el compost, cuya función es acelerar el proceso de descomposición dentro del sistema de compostaje (*Trichoderma harzianum*), es un microorganismo fúngico descomponedor de celulosa que por sus cualidades se esperaba que acelera el proceso de compostaje, pues hasta el momento este proceso requiere un periodo de descomposición de 10-12 semanas.

El experimento se llevó a cabo en el área de compostera, ubicada en la finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. El experimento consistió en la evaluación de 4 tratamientos, 1 testigo más 3 distintas dosis de (*Trichoderma harzianum*), aplicados en pilas de raquis 2 semanas después de establecidas.

El diseño experimental utilizado en la investigación es bloques al azar en el cual se evaluó el efecto de los cuatro tratamientos. Se hizo un análisis semanal, durante 7 semanas.

Las variables incidentes en la evaluación, se refieren al estado nutricional del raquis (NPK), el nivel de pH y porcentaje de materia orgánica, realizándoles un análisis de varianza (ANDEVA), con el objeto de identificar el tratamiento que menor tiempo utilice para el proceso de compost. Como resultado se concluyó que no existe diferencia significativa en el tiempo de compostaje, *T. harzianum* no disminuye el tiempo de compostaje, no aumenta los niveles de NPK, ni acelera el grado de descomposición de los subproductos.



## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Marco Conceptual**

#### **2.2.1.1 Subproductos de palma africana**

Los principales subproductos de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq) son: Raquis y efluentes o lodos (Reiche 2012).

Según Stichnothe y Schuchardt, citado por Galindo y Romero (2012), los efluentes son los subproductos de mayor contenido nutricional en la agroindustria de la palma africana, pues contienen una mezcla de aceite, materia orgánica (fibra de frutos, harina de coquillo), cenizas, agua y lodos; sumado a ello Singh (2010), citado por Galindo y Romero (2012), considera como los que presentan mayor potencial de contaminación si no se manejan de forma adecuada.

Por otro lado, el raquis puede convertirse en una fuente de contaminación y como hospedero de agentes patógenos.

#### **2.2.1.2 Aspectos técnicos del compostaje en palma**

El compostaje es un proceso de biodegradación de una mezcla compleja de sustratos llevada a cabo por comunidades microbianas en condiciones aeróbicas en estado sólido. La transformación de la materia orgánica, mediante el compostaje, da como producto final el compost. Por medio de este procedimiento se puede estabilizar materia orgánica fresca y lograr un manejo de residuos y subproductos que involucran biomasa (Isam y Bertoldi, citado por Galindo y Romero 2012).

El proceso de descomposición de raquis se ha investigado en las últimas dos décadas, encontrándose que es posible obtener un producto maduro y estable en el término de 2 a 12 semanas mediante el apilado y aireado de la mezcla de raquis con efluentes (Schuchardt et ál. (2002), Stichnothe y Schuchardt (2010), citado por Galindo y Romero 2012).

#### **2.2.1.3 Tecnologías para la producción de compostaje**

Flotats y Solé, citado por Galindo y Romero (2012) indican que lo importante es que se realice el control mediante la homogenización y el mezclado de los residuos proporcionando

oxígeno suficiente para la respiración aeróbica de los microorganismos descomponedores y la humectación necesaria para mantener la actividad de dichos microorganismos.

#### **2.2.1.4 Aplicación de efluentes**

La adición de efluentes provenientes de la planta de beneficio cumple la función de aportar la mayor cantidad de nutrientes a las pilas de compost. Asimismo, este subproducto proporciona humedad y microorganismos a las pilas de raquis, que inicialmente traen una carga microbiana baja como resultado de la esterilización previa en la planta de beneficio.

Del total del nitrógeno que puede contener el compost final, el 70% procede de los efluentes, mientras que el 30% corresponde al raquis. Para el fósforo y el magnesio, los efluentes aportan el 96 y 70%, respectivamente. (Isam y Bertoldi, citado por Galindo y Romero 2012).

#### **2.2.1.5 Humedad de las pilas de compostaje**

El valor óptimo de humedad para promover un metabolismo activo y aeróbico de las comunidades microbianas en las pilas de compostaje es de 60-80% (Isam y Bertoldi, citado por Galindo y Romero 2012).

#### **2.2.1.6 Fases del compostaje**

##### **A. Etapa inicial**

El compostaje se inicia sobre material orgánico acumulado gracias a la acción de las comunidades de microorganismos que se encuentren sobre ella o aplicados a través de efluentes u otros aditivos. La actividad microbiana inicial comienza sobre los sustratos de mayor facilidad de degradación, llamada tradicionalmente mesofílica (Galindo y Romero 2012).

En los procesos de compostaje de residuos de palma, específicamente de raquis, esta etapa puede agilizarse si éstos son previamente tratados de forma mecánica con equipos que pican y/o prensan este material. De esta manera aumenta la superficie sobre la cual pueden actuar las enzimas degradadoras producidas por microorganismos respecto al volumen total (Galindo y Romero 2012).

## **B. Fase termófila**

Una vez los microorganismos inician el proceso de degradación, la alta actividad metabólica hace que la temperatura suba, provocando una aceleración del metabolismo. En consecuencia, se alcanzan los 70°C, temperatura por encima de la cual el proceso llega a la fase termófila. Durante los primeros 15 días después de conformada las pilas con raquis se alcanzan alrededor de los 70°C, disminuyendo cada vez más a lo largo del proceso (Isam y Bertoldi, citado por Galindo y Romero 2012).

Por encima de los 60°C la mayoría de microorganismos mueren y se da un proceso anaerobio y sólo persisten algunas bacterias que no pueden causar mayores incrementos de temperatura y, por lo tanto, comienza la fase de enfriamiento, o segunda fase (mesofílica). Nuevamente se inicia un ciclo de aumento y disminución de la temperatura, siempre y cuando se suministre oxígeno suficiente a través de la aireación al material. En la palma africana, entre uno y dos volteos semanales parecen ser suficientes y económicamente viables para procesos que duren entre 6 y 10 semanas (Schuchardt et ál., citado por Galindo y Romero 2012).

## **C. Fase de maduración**

La sucesión de ciclos de enfriamiento y calentamiento se detiene una vez los sustratos contienen limitadas cantidades de carbono y nitrógeno, con una relación C/N por debajo de 20, momento en el cual se alcanza la fase de maduración (Heerden et ál., cit. en Baharuddin et ál., (2009), citado por Galindo y Romero 2012).

Shuchardt et ál., citado por Galindo y Romero (2012) indican que al adicionar el equivalente a 2 kg N/T de raquis (peso fresco), es decir, 6 kg N/T raquis (peso seco), en forma de urea, la maduración se alcanzó en la semana 4; sin la adición de urea la maduración se logró después de la semana 10.

Galindo y Romero exponen que si se adicionan efluentes a las pilas a razón de 4.000 L/T de raquis se obtiene un valor aproximado de nitrógeno equivalente a 2–

3,2 Kg/T de raquis. En contraste, según Baharuddin et ál., citado por Galindo y Romero (2012) observó que el producto adquiriría valores de C/N menores a 20 a la semana 6, sin el uso de fuentes de nitrógeno adicionales a los efluentes (aplicaciones de efluentes: raquis de 3:1).

En la práctica, para determinar si el producto ha alcanzado su estado de madurez, se mide la temperatura de las pilas buscando el momento en el que la temperatura se estabiliza. Cuando este parámetro está alrededor de los 30°C (igual a la Temperatura ambiente) se considera que el producto está en punto de maduración. Este procedimiento se puede optimizar haciendo un análisis para determinar la relación C/N y midiendo las tasas de respiración correlacionando los dos parámetros (Isam y Bertoldi (2007), Bendeck (2008), citado por Galindo y Romero 2012).

#### **2.2.1.7 Parámetros de calidad del compost**

No es aconsejable llevar productos frescos al campo cuya relación C/N sobrepase valores de 20, porque la aplicación de compost inmaduro en el suelo puede tener efectos adversos sobre la productividad del cultivo (Isam y Bertoldi, citado por Galindo y Romero 2012).

Esto se debe a que bajo estas condiciones, hay un déficit metabólico de nitrógeno que ocasiona que los microorganismos que se encuentran en altas concentraciones en el producto, así como los presentes en el suelo, entran a competir con la planta por el nitrógeno del sistema proveniente de la fertilización (Galindo y Romero 2012). Ver cuadro 3.

**Cuadro 3. Parámetros de calidad del compost.**

Contenido de humedad	35%
Carbono orgánico oxidable	15% min.
N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O totales	>1% c/u
Relación C/N	<15 compost; >15 mulch
CIC	30 meq/100 g min
Ph	4 a 9
Densidad máxima	0.6 g/mL
Capacidad de retención de humedad	Mínimo su propio peso

Fuente: Galindo y Romero (2012).

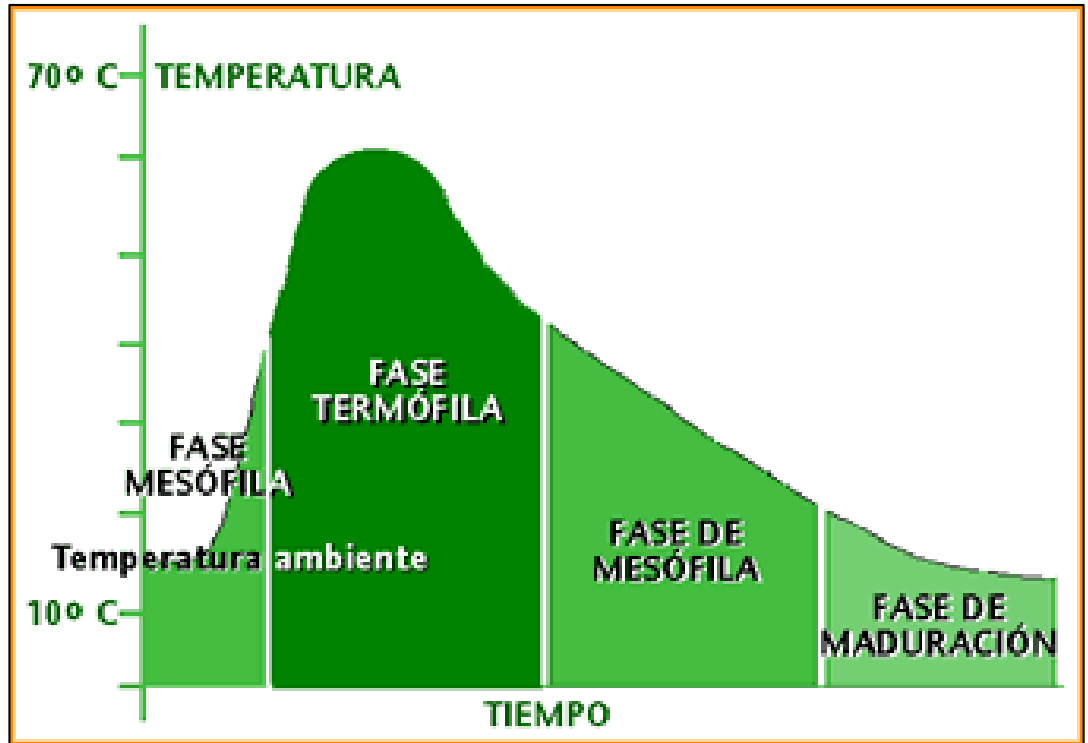
### 2.2.1.8 Cambios durante el compostaje

En esta etapa se dan cambios específicos de los parámetros físico-químicos y, por lo tanto, de los contenidos relativos de cada nutriente (Shuchardt et ál. (2002), Salétes et ál. (2004), Citado por Galindo y Romero 2012).

#### A. Temperatura

En todos los reportes se muestra una fase termofílica que inicia en la primera semana con incrementos de hasta 70°C y una prevalencia de rangos entre 55 y 65°C hasta las semanas 4 a 9, dependiendo de las condiciones del proceso (Galindo y Romero 2012).

Aunque en la Figura 3, se presenta una curva de tendencia a disminuir la temperatura, esta caída se da de forma cíclica, ya que los picos por encima de los 60°C eliminan gran parte de los microorganismos, dejando en las pilas solamente a los termófilos, razón por la cual ocurren caídas de temperatura después de los picos al reducirse la actividad microbiana. En estas condiciones la aplicación de efluentes compensa no sólo las pérdidas de microorganismos, sino de agua en las pilas (Galindo y Romero 2012).



**Figura 3. Etapas del proceso de compostaje.**

Fuente: (Galindo y Romero 2012).

Según Sztern & Pravia (1999) las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso.

### **B. Volumen**

La disminución en volumen y la concentración de nutrientes son dos de las ventajas de compostar subproductos, según Torres et ál., (2004) indican reducción de volúmenes entre 60 a 40% de la inicial.

### **C. Relación C/N.**

Este parámetro muestra el estado nutricional del material vegetal para ser consumido por los microorganismos. Se observan valores muy altos al inicio del compostaje (mayores a 60:1), que son disminuidos de forma rápida en las primeras semanas, indicando una fuerte actividad microbiana sobre los sustratos de mayor degradabilidad.

Este valor es modificado con la adición de urea al comienzo del proceso y alrededor de la semana 5 alcanza valores relación, carbono-carbono inferiores a 20, independiente de la adición de urea. Dichos resultados demuestran que la adición no agiliza el proceso, ya que el estado de madurez se logra igualmente al agregar o no urea en la semana 5 (Salétes et ál., citado por Galindo y Romero 2012).

Según Soliva & López 2005, el valor numérico de esta relación se halla al dividir el contenido en carbono (MOT/2) por el contenido en nitrógeno orgánico. Equivocadamente se considera que el compost está maduro si el cociente C/N se acerca a 10; este valor es el que presenta la materia orgánica estabilizada de un suelo que no tiene por qué corresponder al que presente la materia orgánica estabilizada de un compost.

#### **2.2.1.9 Contenido de nutrientes.**

Los contenidos relativos en base seca de todos los nutrientes se incrementan en el compost, indicando la propiedad de concentrarlos en este proceso.

Sin embargo, se dan pérdidas de forma similar a lo que ocurre en la aplicación de raquis en campo. Para lograr el éxito en la recolección máxima de nutrientes del sistema, la impermeabilización y la correcta recirculación de los lixiviados generados son una práctica importante. Por otro lado, el uso de lodos concentrados, provenientes de los fondos de las piscinas de oxidación, puede ser otra alternativa para aumentar el valor agronómico del compost (Calimán et ál., citado por Galindo y Romero 2012).

##### **A. Nitrógeno**

Éste se pierde por una volatilización rápida en los primeros días debido a las altas temperaturas alcanzadas en las pilas. Por esta razón la aplicación de urea al inicio del proceso no es recomendable, porque se ha calculado que alrededor del 30% se pierde. En compensación, el balance del valor de C/N puede hacerse empleando urea en horas de la noche, 15 días después de que las pilas se han conformado, cuando la temperatura no llega a valores tan altos (Salétes et ál., citado por Galindo y Romero 2012).

## **B. Otros nutrientes**

Para el caso del fósforo y el magnesio, éstos se concentran a pesar de las pérdidas debidas a la producción de lixiviados. No ocurre igual con el potasio. Especialmente este nutriente es movilizado muy pronto de los tejidos del raquis y por lo tanto, su pérdida puede controlarse si se evita el acopio de producto antes o después de compostarse (Salétes et ál., citado por Galindo y Romero 2012).

Sin embargo, la aplicación de lixiviados por sí sola durante el compostaje ya implica pérdidas de potasio en las pilas, debido a que el agua que trae este subproducto lo solubiliza y lo lleva a los lixiviados (Salétes et ál., citado por Galindo y Romero 2012).

Interesa conocer qué nutrientes contiene el compost, si están equilibrados y si son o no fácilmente asimilables. En general no se dan como exigencia de calidad, sino que corresponden a las determinaciones que han de facilitarse al usuario para poder hacer un uso correcto del producto (Soliva & López 2005).

## **C. Materia orgánica**

Resulta fundamental examinar, en un compostaje, los contenidos inicial y final de materia orgánica para tener idea de la transformación sufrida por el material. Es un parámetro importante en caso de aplicación en el suelo ya que: 1) incidirá, de forma global, sobre todas las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas), 2) favorecerá, al mismo tiempo, los ciclos geoquímicos (Soliva y López 2005).

## **D. Potencial Hidrogénico (pH)**

El pH de la masa durante el proceso de maduración también sufre una variación. El descenso inicial en el pH (Fase I) coincide con el paso de la fase mesofílica a la fase termofílica. Esta fase se denomina ácido génica. Se da una gran producción de CO<sub>2</sub> y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de pH 5,5-8) y el ataque a lignina y celulosa (Álvarez 2003).

Durante la fase termofílica se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminos procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a



pH 6-7,5(Fase de alcalinización).Tras este incremento del pH se da una liberación de nitrógeno por el mecanismo anteriormente citado y que es aprovechado por los microorganismos para su crecimiento, dando paso a la siguiente fase de maduración (Álvarez 2003).

Finalmente se da una fase estacionaria de pH próximo a la neutralidad en la que se estabiliza la materia orgánica y se dan reacciones lentas de poli condensación (Álvarez 2003).

Según Soliva & López 2005, el pH recibe poca atención desde el punto de vista de aplicación, sin embargo, es importante tomarlo en cuenta, pues sufre variaciones a lo largo del proceso. pH's ácidos indicarán condiciones anaerobias y pH muy altos están relacionados con el contenido en nitrógeno amoniacal y carbonatos solubles.

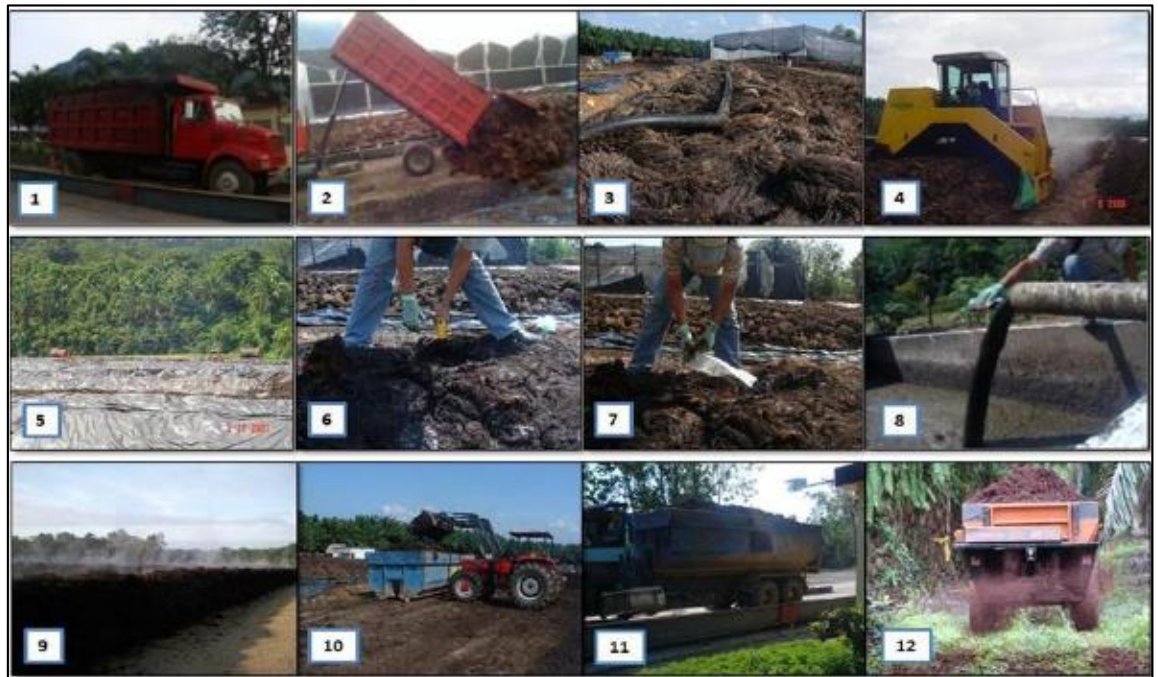
#### **2.2.1.10 Enfoque cero desperdicios**

El enfoque de “Cero Desperdicio” para el caso particular del proceso de extracción de aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq) se refiere a la utilización de los subproductos (raquis y efluentes) del proceso de extracción de aceite de palma para la producción de abono orgánico, el cual es compostado y aplicado al campo (Reiche 2012).

#### **2.2.1.11 Compostaje en palma africana**

El compostaje de raquis de palma aceitera y de los efluentes provenientes de la planta extractora, es una actividad iniciada comercialmente a partir del año 2007, con el paso de los años las modificaciones e innovaciones en la misma, han permitido que los resultados sean provechosos, tanto para el manejo de subproductos como para el medio ambiente, debido a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (Reiche 2012).

### 2.2.1.12 Proceso de compostaje de raquis de palma africana



**Figura 4. Proceso de compostaje.**

Como se observa en la figura 4, los pasos para el compostaje de raquis son los siguientes:

1. Pesado de raquis en báscula (proveniente de la planta extractora).
2. Volteo de raquis para formación de camas en el área de compostaje.
3. Aplicación de efluentes provenientes de las lagunas de tratamiento.
4. Volteo para aireación de camas (Backhus).
5. Cobertura plástica para evitar el lavado de nutrientes por lluvia.
6. Control y registro de la temperatura de la cama.
7. Control y registro de la humedad de la cama.
8. Control y registro de nutrientes de raquis, compost y efluentes.
9. Demanda química de oxígeno de efluentes.
10. Cama de compost.
11. Llenado de góndolas con compost.
12. Pesado y transporte de compost al campo.
13. Aplicación de compost en campo.

### 2.2.1.13 Beneficios del compostaje

- Disminución de la producción de gas metano, reduciendo la contaminación del medio ambiente y contribuyendo así a una producción ambientalmente responsable.
- Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Utilización de sub-productos del proceso de extracción de aceite crudo de palma (Cero desperdicios).
- Reciclaje de minerales (Fertilizantes) aplicados al campo.
- Mejoramiento de la estructura del suelo.
- Aumento de los micro-organismos benéficos en el suelo.
- Disponibilidad inmediata de los elementos nutritivos.

### 2.2.2 Microbiología del compostaje

Las bacterias celulolíticas descienden a medida que avanza el compostaje, al contrario, los hongos incrementan su actividad al final del proceso. Los hongos tienen una gran habilidad de descomponer residuos orgánicos como la lignina, la hemicelulosa y la celulosa, siendo activos en la última fase del proceso de compostaje (Sánchez 2009).

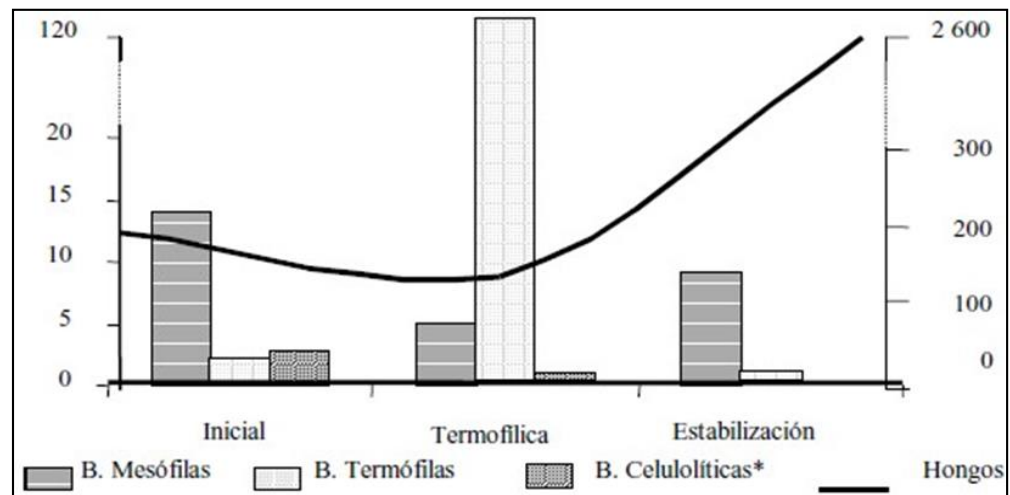


Figura 5. Dinámica poblacional de los microorganismos en el compostaje.

Fuente: Sánchez 2009.

### 2.2.3 Biología de *Trichoderma*

A (*T. harzianum*), se le puede encontrar en diferentes materiales orgánicos y suelos, están adaptados a diferentes condiciones ambientales lo que facilita su amplia distribución. Algunas especies prefieren localidades secas y templadas y otras templadas y frías.

Son hongos aeróbicos que están ampliamente conocidos por su producción de toxinas y antibióticos. Se encuentran diferentes especies y cepas de (*T. harzianum*), en el cultivo de hongos comestibles, algunas son inofensivas y otras muy dañinas, por lo que su relación antagónica con los hongos cultivados todavía no está completamente conocida y varía entre especies y cepas (Seaby 1996). Según Peña y Rivera (1996) los mejores degradadores del compost, como lo mostraron los resultados de pruebas en campo, fueron: *Trichoderma*, *Neurospora* y *Geotrichum*. Además de acelerar el proceso de compostaje el (*T. harzianum*) cumple funciones de control biológico al ser aplicado en campo.

### 2.2.4 Proceso de extracción de aceite

Tanto la fruta como el raquis son esterilizados y sometidos ambos a la extracción de aceite por lo que los raquis hacen la función de esponja absorbiendo aceite el cual sirve de alimento a la producción de mosca común (*Musca común*) al momento de su compostaje.

### 2.3 HIPÓTESIS

La aplicación de Tricoderma (*Trichoderma harzianum*), provocará el efecto reductivo en el tiempo de compostaje, conservando la disponibilidad de nutrientes (NPK), porcentaje de materia orgánica y mejora la relación C/N.

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de (*Trichoderma harzianum*) en la calidad del material obtenido en el proceso de compostaje de los subproductos de la industrialización de los frutos de palma africana, con la finalidad de disminuir el periodo de compostaje.

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el tiempo de compostaje con la aplicación de *T. harzianum* sobre los subproductos de la extracción de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) e identificar la dosis que presenta los mejores resultados.
- Evaluar el grado de descomposición de la materia orgánica, producto del compostaje a partir de la aplicación *Trichoderma harzianum* sobre subproductos de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq).
- Evaluar la concentración de los contenidos nutricionales de NPK del material compostado al ser inoculado con *T. harzianum*.

## 2.5 METODOLOGÍA

### 2.5.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la compostera de la finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas, Cobán, Alta Verapaz.

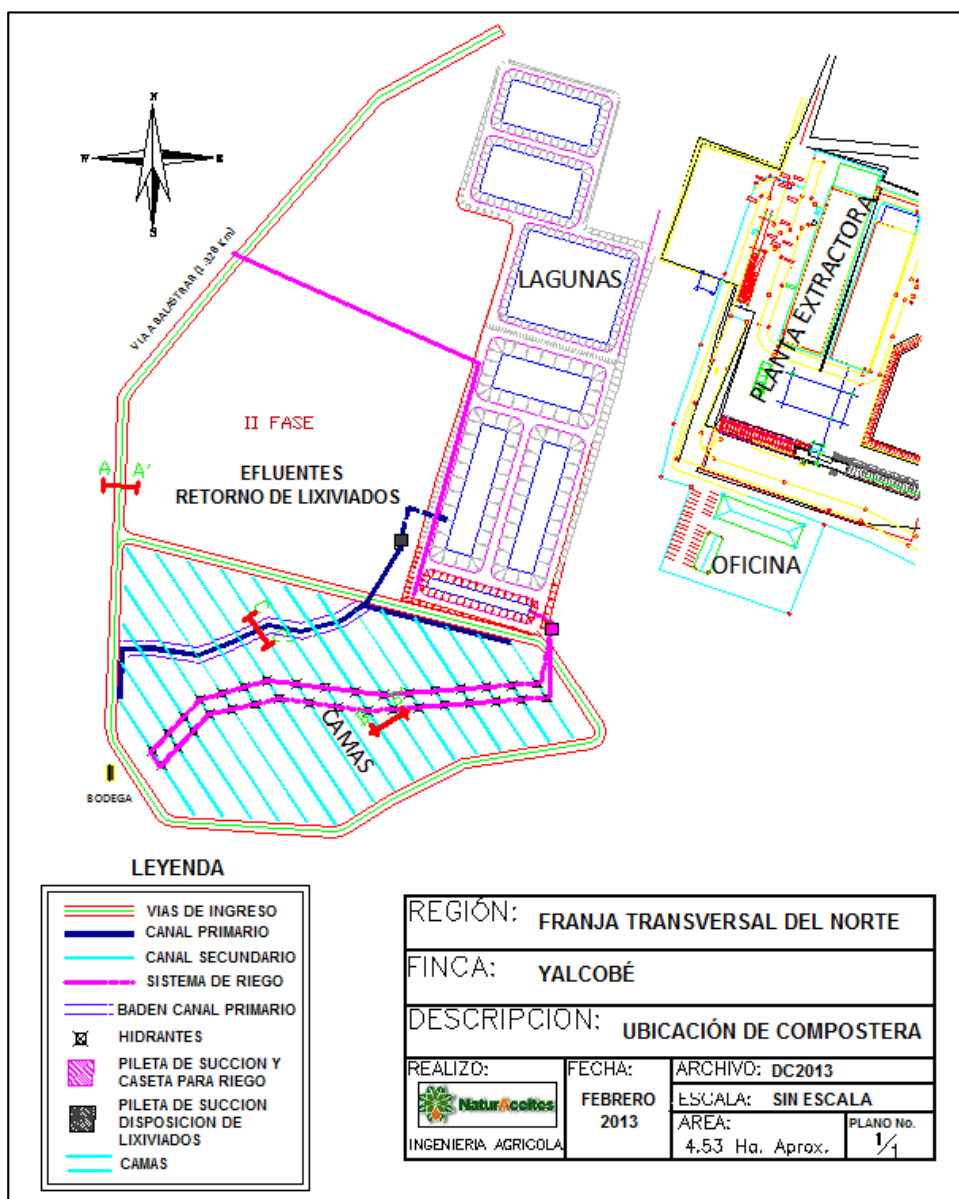
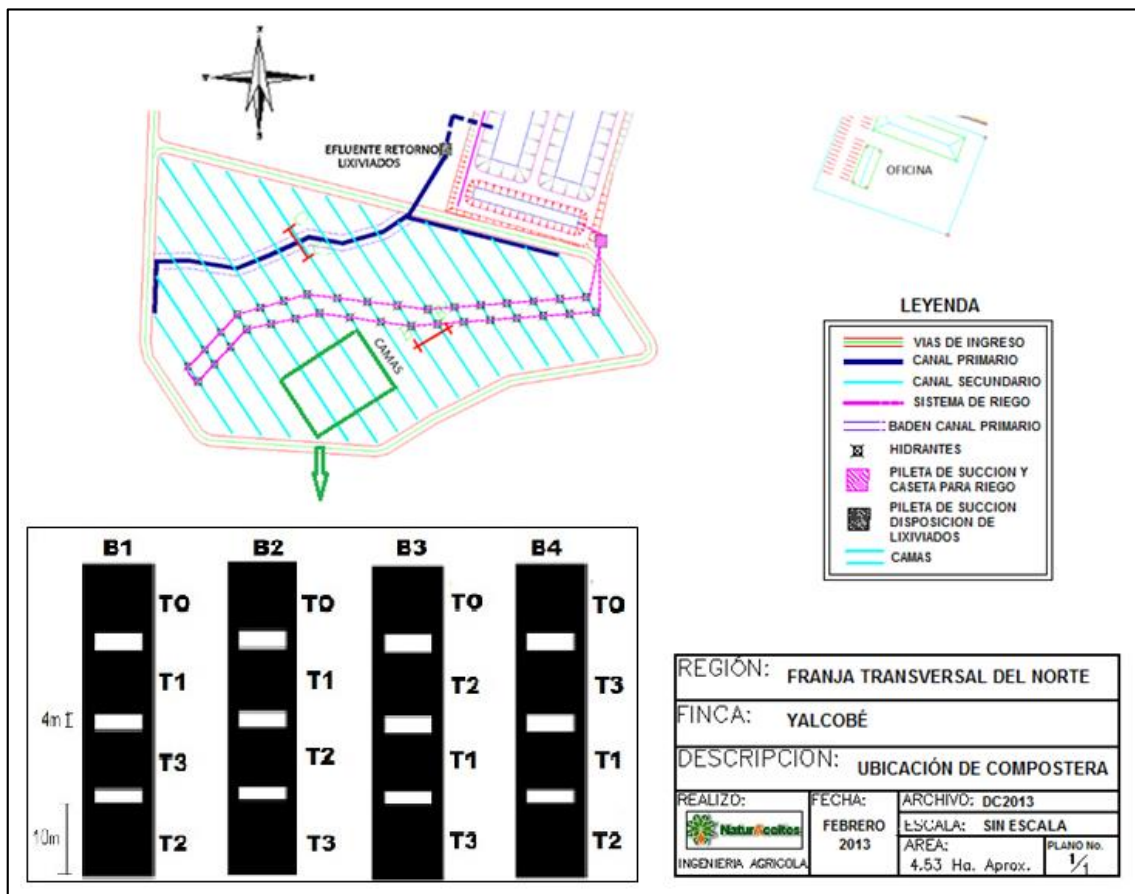


Figura 6. Diseño de la compostera.

## 2.5.2 Descripción del experimento

El experimento consistió en evaluar la aplicación de 3 dosis de *Trichoderma harzianum* y un testigo, ubicados en camas de raquis, en la compostera de la Finca Yalcobé, de la región Franja Transversal del Norte (FTN).



**Figura 7. Ubicación de bloques y distribución de tratamientos.**

Debido a la inexistencia de información sobre la dosis de *T. harzianum* anteriores evaluadas, se tomó como punto de partida la aplicación del microorganismo como agente de control biológico en campo, el cual es de 1 lt/ha, que es aplicado al compost antes de ser distribuido en campo. La cantidad de compost aplicado al campo es de 5 Tm/ha; lo que significa que la relación de *Trichoderma* es de 1lt/5Tm de raquis aplicado en campo. De esta manera se estableció la dosis inicial de 200 ml de *Trichoderma*/Tm de raquis.



Para el cálculo de dosis, tomando en cuenta que se desea evaluar la reducción del tiempo de compostaje en base a la aplicación de *T. harzianum* se considera en inicio 400% y 800% respecto a la dosis inicial (800 y 1,600 ml de *Trichoderma*/Tm de raquis respectivamente).

### 2.5.3 Unidad experimental

El experimento se conformó de 16 unidades experimentales, que consistían en camas de 10 metros de longitud (Ver Figura 6) con un volumen de 17-20 Tm de raquis, el cual se obtenía al momento de ser conformadas cada una de las UE, con control riguroso de las toneladas métricas de raquis que conformaban las camas. (Ver Figura 1A).

### 2.5.4 Descripción de tratamientos

Los tratamientos son, Testigo Relativo y 3 dosis de *T. harzianum* en concentración igual o mayor  $1 \times 10^7$  Unidades Formadoras de Colonias (UFC), concentración corroborada en el laboratorio agrícola de Naturaceites.

Tr= Testigo relativo (sin aplicación de *T. harzianum*)

T1=200 ml de *T. harzianum*/Tonelada métrica de raquis.

T2= 800 ml de *T. harzianum*/Tonelada métrica de raquis.

T3=1,600 ml de *T. harzianum*/Tonelada métrica de raquis.

Todos los tratamientos se manejaron de manera comercial, utilizando camas de la misma longitud y tamaño que usualmente se usa en el campo.

### 2.5.5 Diseño experimental

Diseño experimental de bloques al azar es utilizado en esta investigación, debido a las camas o pilas de compostaje se conforman en base al procesamiento de materia verde en el beneficio del fruto de palma africana.

De esta manera al utilizar bloques al azar, se ejerció control en la variación del tiempo.

Cada bloque estuvo constituido por 4 unidades experimentales, en los que se aplicaron el mismo número de tratamientos.

Los tratamientos fueron distribuidos al azar en cada bloque, a excepción del testigo relativo (Tr) el cual estuvo ubicado al inicio de las camas, para disminuir en lo posible la inoculación de *Trichoderma* proveniente de los restantes tratamientos.

### 2.5.6 Aleatorización de tratamientos

Se realizó la aleatorización de los tratamientos para cada uno de los bloques, resolviendo la aleatorización de la siguiente manera.

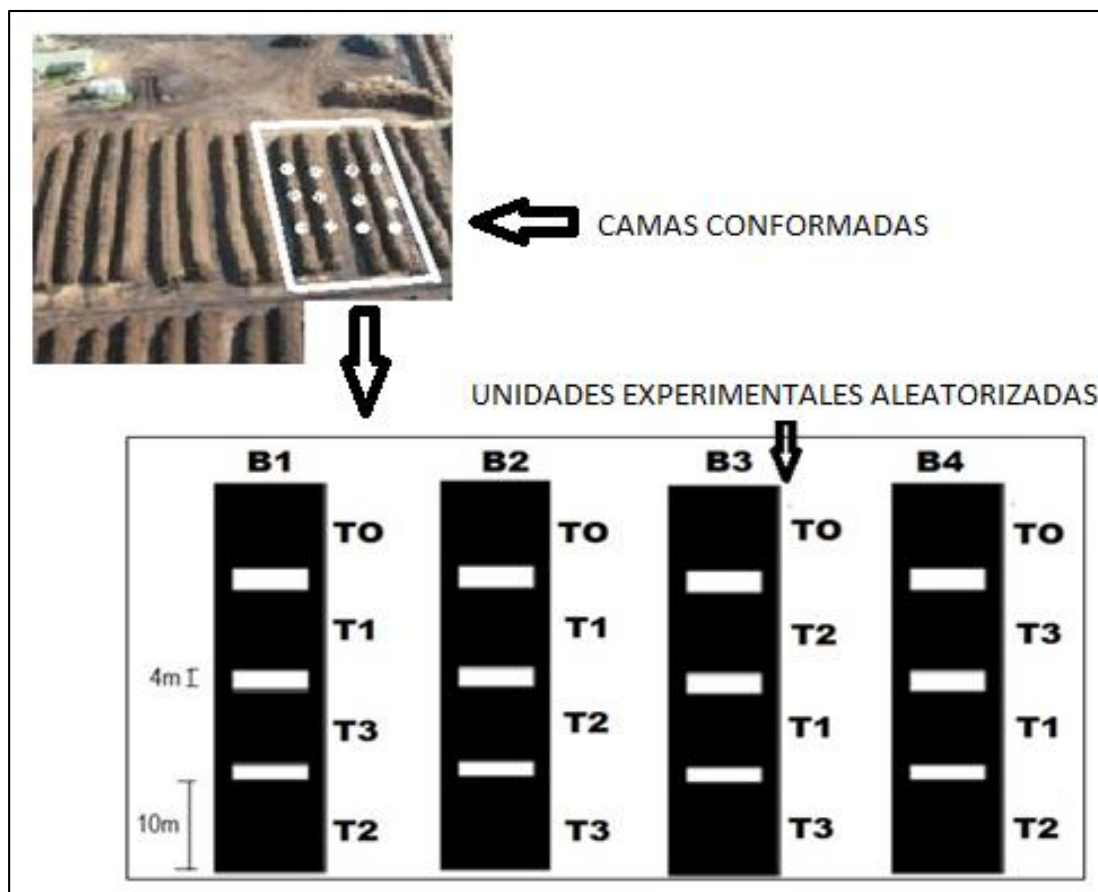


Figura 8. Aleatorización y ubicación de Tratamientos.

Fuente: E, propia.

### 2.5.7 Procedimiento de inoculación

Se realizó únicamente una inoculación de *T. harzianum*, por medio de bomba de aspersión de 16 litros, inoculando el microorganismo sobre las pilas de raquis y posterior a la aplicación del tratamiento se procedió al volteo de las unidades experimentales, con el objetivo de distribuir el microorganismo en la unidad experimental.

### 2.5.8 Procedimiento de muestreo

El análisis de las variables respuesta se llevó a cabo semanalmente en cada unidad experimental; en cada una de ellas se tomó una muestra de 1 lb, la cual estaba constituida por sub muestras obtenidas a 3 distintas profundidades en la parte central de cada UE.

En la figura 9, se observa cada uno de estos puntos donde se realizó el muestreo a 0.30 m, 0.60m y 1m. La cantidad de material obtenido fue suficiente para analizar la relación C/N, pH, porcentaje de materia orgánica y contenido de nutrientes; pues, en laboratorio Naturalab se emplearon únicamente 2 gr de material para cada prueba.



**Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo en las unidades experimentales.**

Fuente: E. propia

### 2.5.9 Variables respuesta

El objetivo principal del compostaje es obtener un producto con características adecuadas para ser aplicado al campo sin producir efectos adversos, por lo tanto, para la

presente investigación se esperaba obtener, un producto estable en cuanto a Temperatura (50-60 °C), con un pH cercano a neutro (5.5-6.5), una relación baja de C/N (menor a 20:1), y alta cantidad de materia orgánica (arriba del 20%) además de una relación adecuada de nutrientes, y que esto pudiera lograrse en 6 semanas.

Se esperaba entonces, que la aplicación de *T. harzianum*, produjera efectos favorables sobre estas variables del compost; por lo tanto, las características que sirvieron para determinar la calidad de compost son: Temperatura, pH, Relación C/N, Materia Orgánica, contenido de nutrientes (NPK); estas variables respuestas fueron analizadas en el laboratorio químico Naturalab (propiedad de Naturaceites S.A), ubicado en la finca Yalcobé.

#### **2.5.9.1 Relación C/N**

La relación C/N inicial y final que presente el raquis, en base a la metodología Dumas. Para visualizar la velocidad del proceso y de la posibilidad de pérdidas de nitrógeno realizándose semanalmente, generando un ANDEVA y graficando la tendencia a lo largo del proceso.

#### **2.5.9.2 Potencial hidrogénico (pH)**

Esta variable analizada semanalmente en el laboratorio, Naturalab, siguiendo la tendencia que adopta al aplicar *T. harzianum*. Al final del proceso se espera un pH neutro y estable cercano a un rango de 5.5-6.5. El resultado se presenta como el logaritmo negativo de la concentración de hidrógenos  $\text{pH} = -\log [\text{H}]$ .

#### **2.5.9.3 Porcentaje de materia orgánica**

El contenido de materia orgánica al inicio, durante y al final del proceso, se analizo por medio del método de calcinación y el resultado se presenta en porcentaje.

#### **2.5.9.4 Contenido de nutrientes (Cmol (+)/Litro)**

El contenido de macronutrientes (NPK) en el compost con la aplicación de *T. harzianum* generó mineralización, sin embargo, el contenido final fue el parámetro con el que se evaluó el efecto de la aplicación. El contenido de nutrientes es presentado en Cmol (+)/litro.

El contenido de Nitrógeno se determina por el método de Dumas, el Fósforo y Potasio por espectrofotometría de emisión atómica con utilización de plasma (ICP-EOS).

#### **2.5.9.5 Temperatura (Grados Celcius °C)**

Según Sztern & Pravia (1999) se distingue en una pila o camellón dos regiones o zonas:

- La zona central o núcleo de compostaje, área con variaciones térmicas evidentes.
- La corteza o zona cortical, representa la zona que rodeada al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

#### **2.5.9.6 Humedad (porcentaje)**

La humedad al igual que la temperatura fue analizada diariamente, tomando una libra de raquis a una profundidad de 1 m. Esta muestra es trasladada al laboratorio agrícola donde se obtuvo el peso húmedo y peso seco, para luego mediante diferencia de pesos obtener el porcentaje de humedad.

#### **2.5.9.7 Tiempo (semanas)**

El tiempo de investigación fue de 7 semanas, evaluando la existencia de disminución en el tiempo de compostaje al aplicar *Trichoderma*, analizando la comparación entre los resultados obtenidos de cada dosis contra el testigo relativo.

Se esperaba que, al aumentar la dosis, la relación C/N disminuyera, el contenido de nutrientes aumentara, la temperatura fuera constante y menor a 50 °C, el pH se acercara al neutro y que el porcentaje de M.O. fuera mayor.

#### **2.5.10 Manejo agronómico**

Después de que las unidades experimentales fueron formadas se llevaron a cabo varias actividades para el manejo del experimento, entre estas:

- Volteo de camas: se hizo con la máquina volteadora Menart ®, logrando con esta actividad, incorporar oxígeno al sistema para disminuir la temperatura.

- Aplicación de efluentes o lodos: en ocasiones se realizaba simultáneamente con el volteo de camas y en otras se hacía de manera aislada (esto cuando la Menart ® sufría desperfectos mecánicos), sin embargo se mantenía siempre la humedad en un rango de 60-70%.

### **2.5.11 Origen de los efluentes**

Los efluentes que se utilizaron eran una mezcla de agua con materiales líquidos y sólidos de los componentes del raquis, el cual era obtenido del proceso de extracción del aceite.

Antes de ser aplicados a las pilas de raquis, los efluentes eran enviados a lagunas de sedimentación y enfriamiento, después trasladados a lagunas metano génicas. Por lo tanto los efluentes aplicados al raquis eran fríos, lo que ayudaba a disminuir la temperatura en las pilas de compostaje y mejorar la microbiología del sistema.

### **2.5.12 Inoculación**

La inoculación del microorganismo se realizó a los 12 y 15 días de estar establecidas las unidades experimentales, haciéndose únicamente una aplicación, esperando que el microorganismo encontrara las condiciones necesarias para su dispersión en el material. Para ello se necesitaron 232 litros de *Trichoderma harzianum* para poder aplicar las dosis correspondientes a las 16 unidades experimentales.

### **2.5.13 Análisis de la información**

El análisis de varianzas (ANDEVA) se ejecutó en programa INFOSTAT y comprobando la comparación de medias por medio de la prueba (Tukey) a la variable pH, en la semana 6, pues es la única que presentó diferencias significativas.

Adherido a esto se presentan gráficas, visualizando la tendencia de las variables respuesta durante las 7 semanas de la evaluación.

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.6.1 Resumen ANDEVA semanal de relación C/N, M.O., pH, N, P y K

En el Cuadro 4, se presenta el resumen del Análisis de la Varianza (SC tipo III) realizado a los resultados semanales de cada variable, en él se observa que no hay diferencias significativas sobre la relación C/N, % M.O., pH, concentración del contenido de N, P y K generadas al aumentar la dosis de *T. harzianum*, a excepción de lo que pasa con el pH en la semana 6, sobre el cual existe diferencia significativa, pues la dosis de 200 mL/ha genera un pH significativamente menor a las dosis restantes.

**Cuadro 4. Resumen del Análisis de Varianza, para las variables C/N, % M.O., pH, N, P y K.**

	<b>C/N</b>	<b>M.O.</b>	<b>pH</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Semana 1	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Semana 2	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Semana 3	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Semana 4	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Semana 5	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Semana 6	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.
Semana 7	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Referencia; N.S.: No significativo, \*\*: Significativo

### 2.6.2 Resultados, ANDEVA y gráfica de los niveles de relación C/N

En el Cuadro 5, se presentan los resultados de los niveles de la relación C/N, a los cuales se le realizó el ANDEVA correspondiente.

**Cuadro 5. Relación C/N alcanzado durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

<b>Semana</b>	<b>Tratamientos</b>				<b><math>\bar{x}</math></b>
	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	
<b>1</b>	55.64	57.69	58.71	58.71	<b>57.69</b>
<b>2</b>	34.63	39.95	31.83	30.91	<b>34.33</b>
<b>3</b>	26.34	33.54	29.29	31.36	<b>30.13</b>
<b>4</b>	23.17	20.33	21.10	23.60	<b>22.05</b>
<b>5</b>	21.60	21.15	19.94	27.08	<b>22.44</b>
<b>6</b>	22.48	23.33	19.86	25.43	<b>22.77</b>
<b>7</b>	24.98	28.98	21.54	27.20	<b>25.67</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>29.83</b>	<b>32.14</b>	<b>28.90</b>	<b>32.04</b>	<b>30.73</b>

En el Cuadro 6, se presentan los resultados del análisis de varianza efectuado para los tres tratamientos, en el cual se observa que no existieron diferencias estadísticas significativas en los niveles de la relación C/N en el proceso de compostaje de raquis de palma.

**Cuadro 6. Análisis de varianza, para la relación C/N alcanzada durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

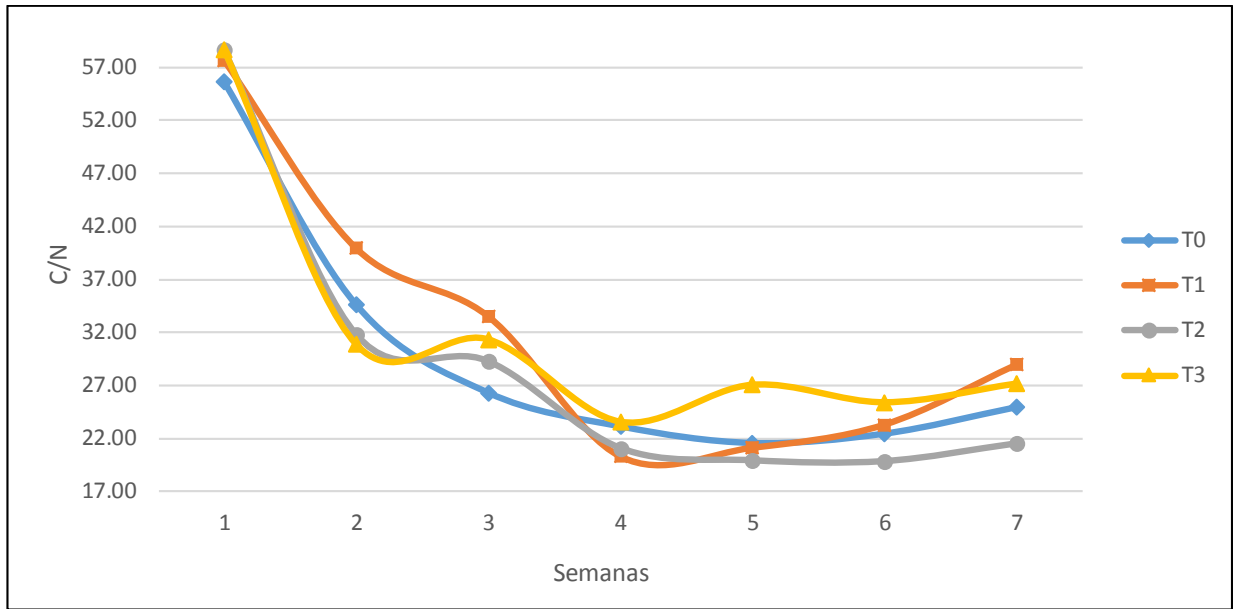
F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	55.10	3	18.37	0.11	0.9534
Tratamiento	55.10	3	18.37	0.11	0.9534
Error	4004.99	24	166.87		
Total	4060.09	27			

**CV= 42%**

Con base a la no significancia obtenida en el análisis de varianza, donde indica que las distintas dosis evaluadas son estadísticamente similares, no se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey.

En la Figura 10, se observan valores de Relación C/N muy altos al inicio del compostaje (mayores a 50:1), que son disminuidos de forma rápida en las primeras semanas, indicando una fuerte actividad microbiana sobre los sustratos de mayor degradabilidad.





**Figura 10. Comportamiento de la Relación C/N alcanzada durante las 7 semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

En la semana 4 se estabilizan valores menores a 30:1, lo cual es una condición deseada, sin embargo, la similitud estadística que se observa claramente en las líneas de tendencia de cada tratamiento demuestran que la adición de *T. harzianum* en el momento realizado no agiliza el proceso de descomposición, puesto que de las 3 dosis evaluadas no existe una que mejore significativamente la disminución de los niveles de la relación C/N.

Según Laich 2011 las comunidades varían continuamente en el proceso de compostaje, es posible entonces que se necesite más tiempo de interacción *Trichoderma*-microorganismos para aumentar su población a niveles óptimos que generen una descomposición estadísticamente significativa que reduzca los niveles de la relación C/N. Es indispensable seguir observando este comportamiento después de su aplicación en campo.

### 2.6.3 Porcentaje de Materia Orgánica (% M.O.)

En el Cuadro 7, se presentan los resultados del % M.O., a los cuales se le realizó el ANDEVA correspondiente.

**Cuadro 7. Porcentaje de M.O., alcanzado durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

Semanas \ Tratamientos	T0	T1	T2	T3	$\bar{x}$
1	82	82	83	83	<b>82</b>
2	79	77	76	77	<b>77</b>
3	76	77	73	78	<b>76</b>
4	71	70	71	74	<b>71</b>
5	71	72	69	75	<b>72</b>
6	73	74	70	74	<b>73</b>
7	72	74	71	74	<b>73</b>
$\bar{x}$	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>73</b>	<b>76</b>	<b>75</b>

En el Cuadro 8, se presenta el análisis efectuado para los tratamientos, en el cual se observa que no existieron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de Materia Orgánica (%M.O.) alcanzado en el proceso de compostaje de raquis de palma.

**Cuadro 8. Análisis de varianza de % M.O., durante el proceso de compostaje.**

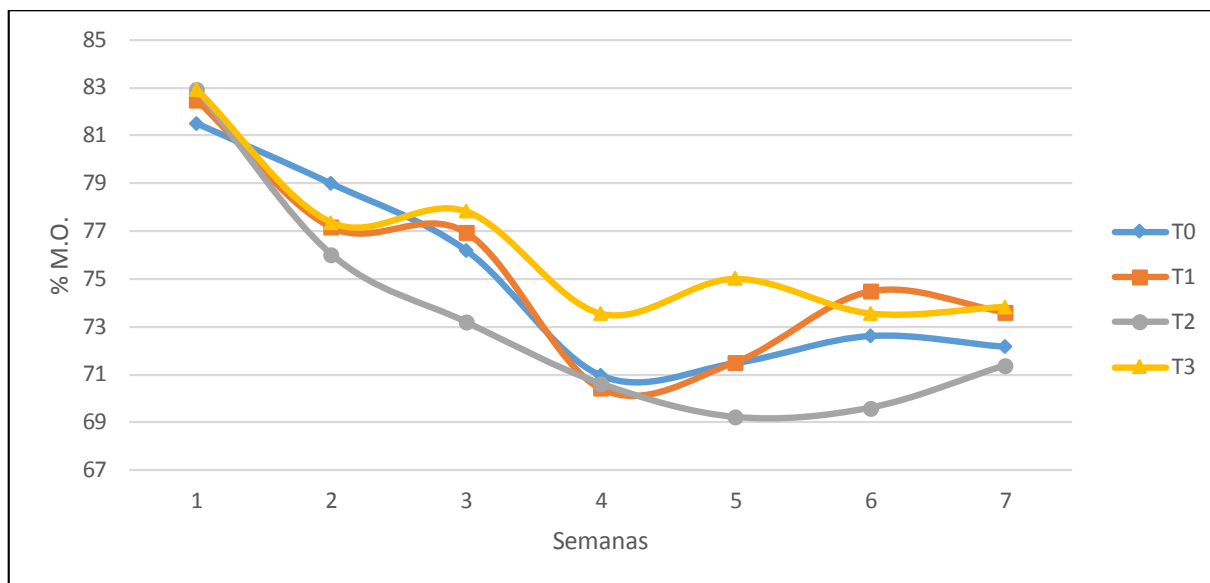
F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	35.00	3	11.67	0.68	0.5720
Tratamiento	35.00	3	11.67	0.68	0.5720
Error	410.86	24	17.12		
Total	445.86	27			

**CV= 5.52 %**

Con base a la no significancia obtenida en el análisis de varianza, donde indica que las distintas dosis evaluadas son estadísticamente similares, no se realizó una comparación de medias.

En la Figura 11, se puede que observar que al inicio del proceso hay valores muy altos en el % M.O., los cuales se estabilizan a partir de la semana cuatro. Se enfatiza en los contenidos inicial y final de materia orgánica, para tener idea de la transformación

sufrida por el material, para el presente caso el porcentaje alcanzado al final del proceso está arriba de 60 % en relación peso/peso, valor que se ve acrecentado por la materia orgánica agregada en forma de efluentes durante el proceso de compostaje (aproximadamente  $1\text{m}^3/\text{TM}$ ).



**Figura 11. Porcentaje de M.O. alcanzado durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

Sin embargo, al observar claramente la evolución del porcentaje de materia orgánica a lo largo de las siete semanas y comprobar con el ANDEVA la similitud estadística en los resultados, podemos indicar que no hay un tratamiento que mejore significativamente la descomposición de la materia orgánica en relación a los otros.

#### 2.6.4 Potencial de Hidrógeno (pH)

En el Cuadro 9, se presentan los resultados del potencial de hidrogeno, a los cuales se le realizó el ANDEVA correspondiente.

**Cuadro 9. pH durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

Semanas \ Tratamientos	T0	T1	T2	T3	$\bar{x}$
1	6.70	6.50	6.40	6.40	<b>6.50</b>
2	7.23	7.38	7.60	7.48	<b>7.42</b>
3	7.90	7.45	8.20	7.78	<b>7.83</b>
4	8.30	7.93	8.58	7.95	<b>8.19</b>
5	8.68	8.18	8.90	8.53	<b>8.57</b>
6	9.15	8.33	9.55	9.15	<b>9.04</b>
7	8.48	8.13	8.25	8.15	<b>8.25</b>
$\bar{x}$	<b>8.06</b>	<b>7.70</b>	<b>8.21</b>	<b>7.92</b>	<b>7.97</b>

En el Cuadro 10, se presenta el análisis de varianza efectuado para los tres tratamientos, en el cual se observa que no existieron diferencias estadísticas significativas en el potencial de hidrogeno (pH) alcanzado en el proceso de compostaje de raquis de palma.

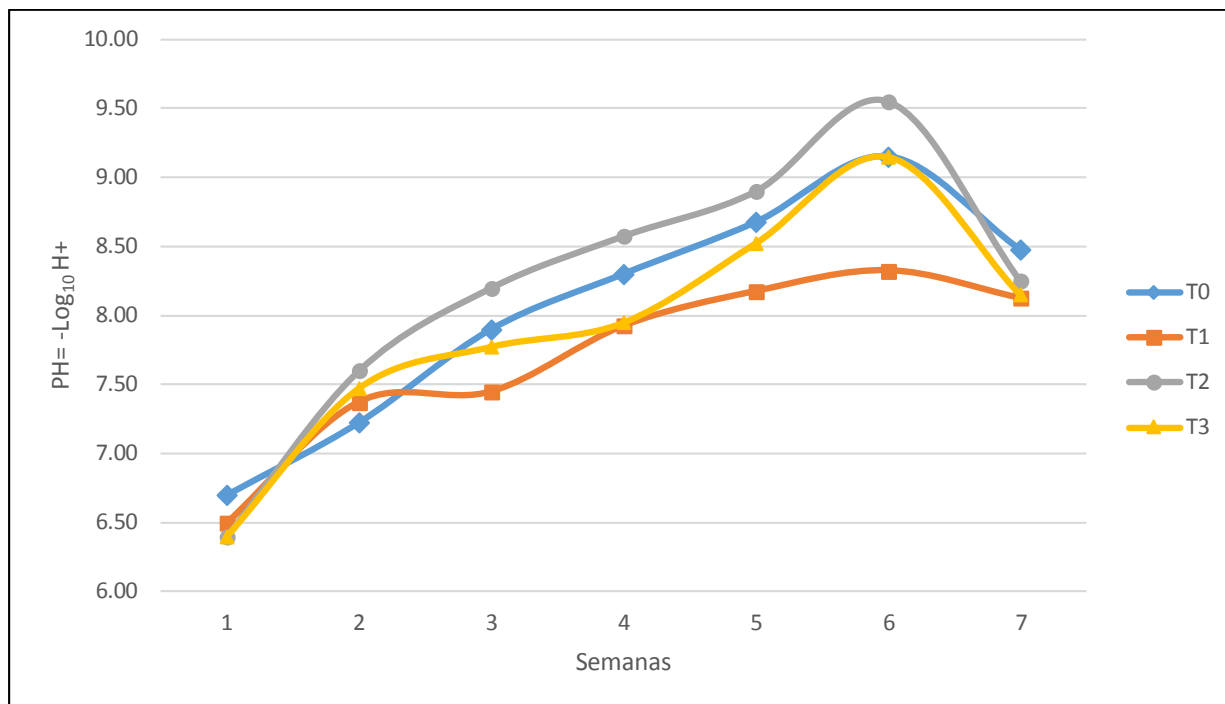
**Cuadro 10. Análisis de la varianza para el pH durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1.00	3	0.33	0.46	0.7136
Tratamiento	1.00	3	0.33	0.46	0.7136
Error	17.36	24	0.72		
Total	18.36	27			

**CV= 10.67%**

Con base a la no significancia obtenida en el análisis de varianza, donde indica que las distintas dosis evaluadas son estadísticamente similares, no se realizó una comparación de medias.

Como puede observarse en la Figura 12, no hay diferencia significativa entre los tratamiento de la semana 1 a la 5 y la semana 7, sin embargo en la semana 6 existe significancia entre tratamientos y el mejor tratamiento lo presenta el T1 (200mL/TM), en esta figura se observa gráficamente la evolución del pH durante el proceso.



**Figura 12. pH alcanzado durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

En la semana 7 el pH del material es de valor 8, esto es debido a la actividad metabólica de los microorganismos, relacionado con la etapa en la que se encuentra el proceso (termofílica), provocando liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminas procedentes de proteínas y bases nitrogenadas, favoreciendo el crecimiento de bacterias. Hasta la semana 6 se llega a un punto de inflexión, empieza el descenso de la temperatura la cual podría estar relacionada con el pH de las camas.

### 2.6.5 Comportamiento del Nitrógeno (N).

El Cuadro 11, presentan los resultados del contenido de Nitrógeno (N), del ANDEVA correspondiente.

**Cuadro 11. Comportamiento de nitrógeno durante el proceso de compostaje.**

Bloques \ Tratamientos	T0	T1	T2	T3	$\bar{x}$
1	0.85	0.83	0.82	0.82	0.83
2	1.33	1.14	1.44	1.50	1.35
3	1.85	1.33	1.46	1.45	1.52
4	1.91	2.11	2.07	1.90	2.00
5	2.00	2.03	2.17	1.75	1.99
6	2.02	1.96	2.04	1.80	1.95
7	1.77	1.51	1.99	1.79	1.77
$\bar{x}$	<b>1.68</b>	<b>1.56</b>	<b>1.71</b>	<b>1.57</b>	<b>1.63</b>

En el Cuadro 12, se presentan los resultados del análisis efectuado a los tres tratamientos, en el cual se observa que no existieron diferencias estadísticas significativas en el contenido de Nitrógeno (N) alcanzado en el proceso de compostaje.

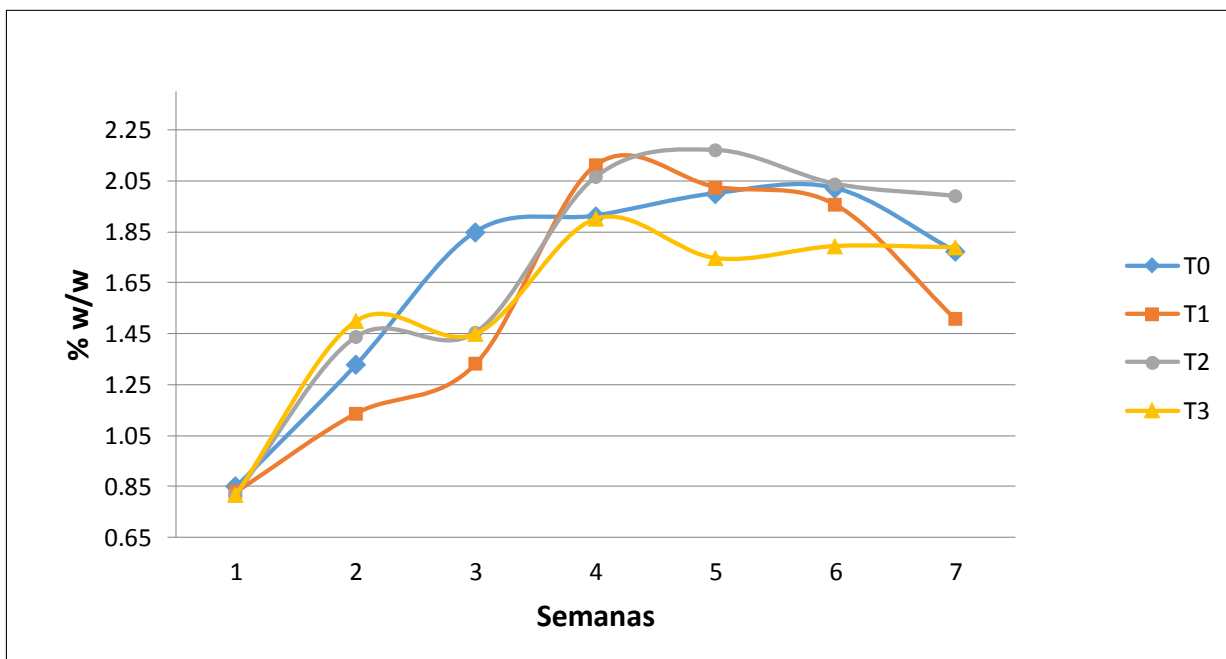
**Cuadro 12. Análisis de la varianza (SC tipo III) para el contenido de nitrógeno.**

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.12	3	0.04	0.20	0.8953
Tratamiento	0.12	3	0.04	0.20	0.8953
Error	4.85	24	0.20		
Total	4.97	27			

**CV= 27.57%**

Con base a la no significancia obtenida en el análisis de varianza, donde indica que las distintas dosis evaluadas son estadísticamente similares, no siendo necesario realizar análisis comparativo de medias.

En la Figura 13, la concentración del contenido de Nitrógeno (N) aumenta a lo largo del proceso, esto, Según Díaz y Michel 2004, se debe a la pérdida de materia orgánica de la masa a compostar, lo que provoca un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes en general.



**Figura 13. Comportamiento del Nitrógeno (N) durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

El nitrógeno que puede contener el compost final, es de 70% por los efluentes, mientras que el 30% corresponde al raquis. (Isam y Bertoldi, citado por Galindo y Romero 2012). Se esperaba que al aplicar *T. harzianum* se generará una degradación del raquis que provocara concentraciones estadísticamente significativas al aumentar las dosis, pues Según Díaz y Michel 2004, el contenido de nutrientes esta de la mano con la capacidad degradadora de los microorganismos, algo que no ocurrió, pues ninguna de las dosis presenta resultados estadísticamente diferentes al resto, lo que se observa en el ANDEVA del Cuadro 12 y la Figura 13.

### 2.6.6 Comportamiento del Fósforo (P)

En el Cuadro 13, se presentan los resultados del contenido de Fósforo (P), a los cuales se le realizó el ANDEVA correspondiente.

**Cuadro 13. Contenido de fósforo alcanzado durante el proceso de compostaje.**

Bloques \ Tratamientos	T0	T1	T2	T3	$\bar{x}$
1	0.253	0.265	0.270	0.270	0.265
2	0.148	0.155	0.163	0.155	0.155
3	0.183	0.163	0.175	0.168	0.172
4	0.288	0.208	0.278	0.203	0.244
5	0.270	0.210	0.303	0.250	0.258
6	0.303	0.248	0.285	0.273	0.277
7	0.501	0.326	0.476	0.325	0.407
$\bar{x}$	<b>0.278</b>	<b>0.225</b>	<b>0.278</b>	<b>0.235</b>	<b>0.254</b>

En el Cuadro 14, se presentan los resultados del análisis efectuado para los tres tratamientos, en el cual se observa que no existieron diferencias estadísticas significativas en el contenido de Fósforo (P) alcanzado en el proceso de compostaje de raquis de palma.

**Cuadro 14. Análisis de la varianza para el contenido de fósforo.**

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	3	0.01	0.72	0.5491
Tratamiento	0.02	3	0.01	0.72	0.5491
Error	0.19	24	0.01		
Total	0.20	27			

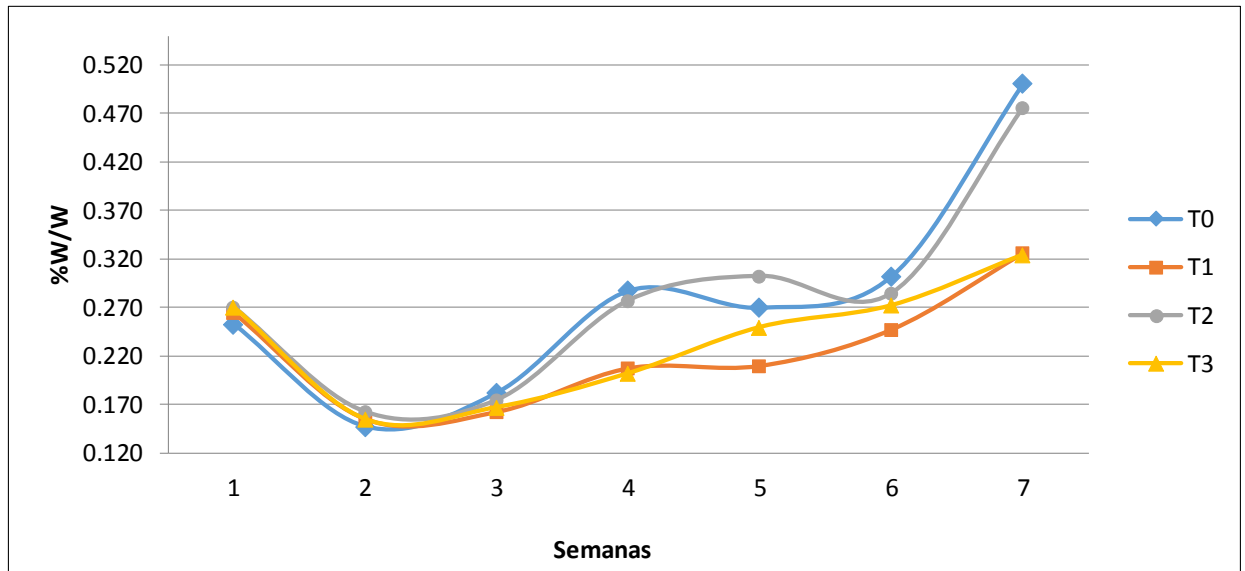
**CV= 34.58%**

Con base a la no significancia obtenida en el análisis de varianza, donde indica que las distintas dosis evaluadas son estadísticamente similares, no se realizó una comparación de medias.

En la Figura 14, la concentración del contenido de Fósforo aumenta a lo largo del proceso, esto es similar a lo que ocurre en el caso del contenido de Nitrógeno, pues Según Díaz y Michel 2004, la pérdida de materia orgánica de la masa a compostar a lo largo del proceso, genera un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes en general. Sin



embargo, en el Análisis de Varianza (Cuadro 14) como en la tendencia del comportamiento de la concentración observada en la Figura 14, no existe diferencia estadísticamente significativa favorecida por el incremento de las poblaciones de *T. harzianum* en el sistema.



**Figura 14. Comportamiento del Fósforo durante las siete semanas de proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

Por lo tanto, para encontrar mayor contenido de fósforo, es indispensable más tiempo de proceso, para que el microorganismo logre reproducirse al nivel óptimo en el que la degradación que resulte refleje un aumento en las concentraciones del contenido de Fósforo (P).

### 2.6.7 Comportamiento del Potasio (K)

En el Cuadro 15, se presentan los resultados del contenido de Potasio, en el ANDEVA correspondiente.

**Cuadro 15. Contenido de potasio alcanzado durante el proceso de compostaje de raquis de palma africana.**

<b>Tratamientos</b> <b>Bloques</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>
1	2.772	2.514	2.385	2.385	<b>2.514</b>
2	2.510	2.441	2.688	2.683	<b>2.580</b>
3	2.713	2.583	2.433	2.815	<b>2.636</b>
4	3.053	2.566	2.603	2.543	<b>2.691</b>
5	2.618	2.789	2.826	3.174	<b>2.852</b>
6	3.043	3.055	2.935	3.125	<b>3.039</b>
7	3.336	3.379	2.749	2.792	<b>3.064</b>
$\bar{x}$	<b>2.863</b>	<b>2.761</b>	<b>2.660</b>	<b>2.788</b>	<b>2.768</b>

En el Cuadro 16, se presentan los resultados del análisis efectuado para los tres tratamientos, en el cual se observa que no existieron diferencias estadísticas significativas en el contenido de Potasio (K) alcanzado en el proceso de compostaje de raquis de palma.

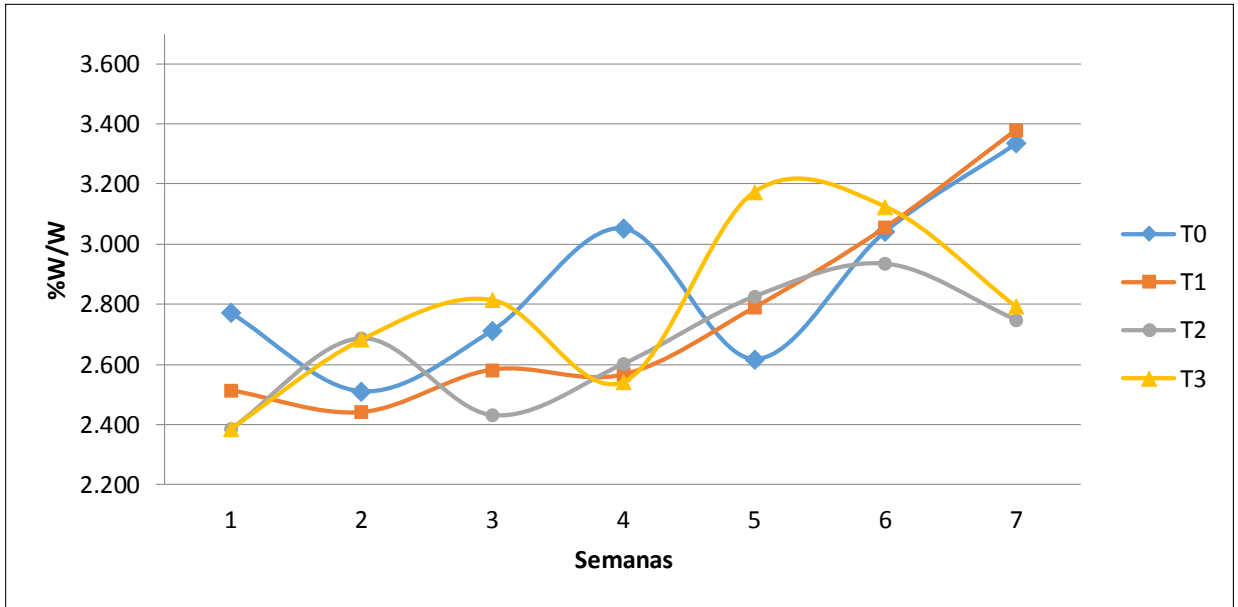
**Cuadro 16. Análisis de la varianza (SC tipo III) para el contenido de potasio alcanzado.**

<b>F.V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.15	3	0.05	0.61	0.6141
Tratamiento	0.15	3	0.05	0.61	0.6141
Error	1.95	24	0.08		
Total	2.10	27			

**CV= 10.29%**

No se realizó una comparación de medias debido a la no significancia obtenida en el análisis de varianza, que indica que las distintas dosis evaluadas son estadísticamente similares,

Como puede observarse en la Figura 15, la concentración de Potasio aumenta a lo largo del proceso, esto es similar a lo que ocurre en el caso del contenido de Nitrógeno y Fósforo.



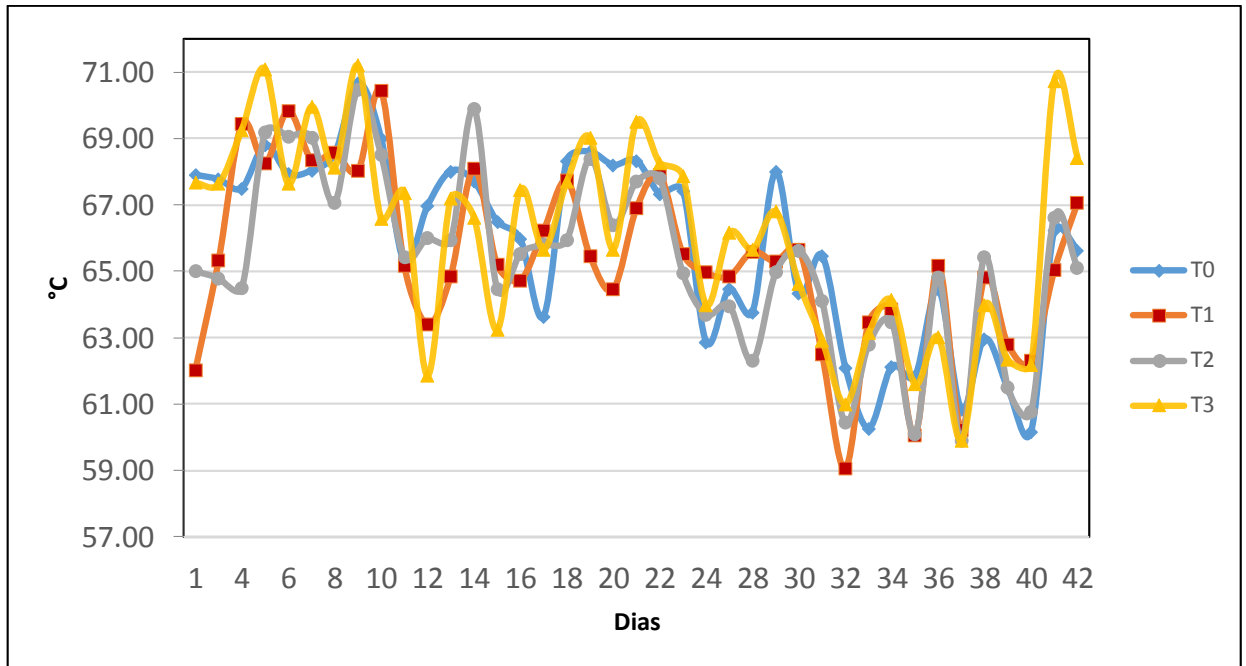
**Figura 15. Comportamiento del Potasio durante las siete semanas de proceso de compostaje.**

El potasio es un elemento movilizado muy pronto de los tejidos del raquis, pues se pierde muy fácilmente por lixiviación, sin embargo esta pérdida puede controlarse si se evita el acopio de producto antes o después de compostarse (Salétes et ál., citado por Galindo y Romero 2012).

En el presente experimento las pilas de compostaje estaban cubiertas para evitar la lixiviación de este elemento y de esta manera evaluar el efecto de la aplicación de *Trichoderma*, el cual, como puede observarse en el ANDEVA del Cuadro 16 y en la Figura 15 no existe diferencia significativa en la concentración de Potasio al favorecer la aparición de este microorganismo en él sistema.

### 2.6.8 Comportamiento de la Temperatura

Como puede observarse en la figura 16, a las 7 semanas la temperatura de las pilas de raquis no descendió de los 59 °C, por tanto, puede decirse que el proceso aún se encuentra en la fase termófila (60-80°C).

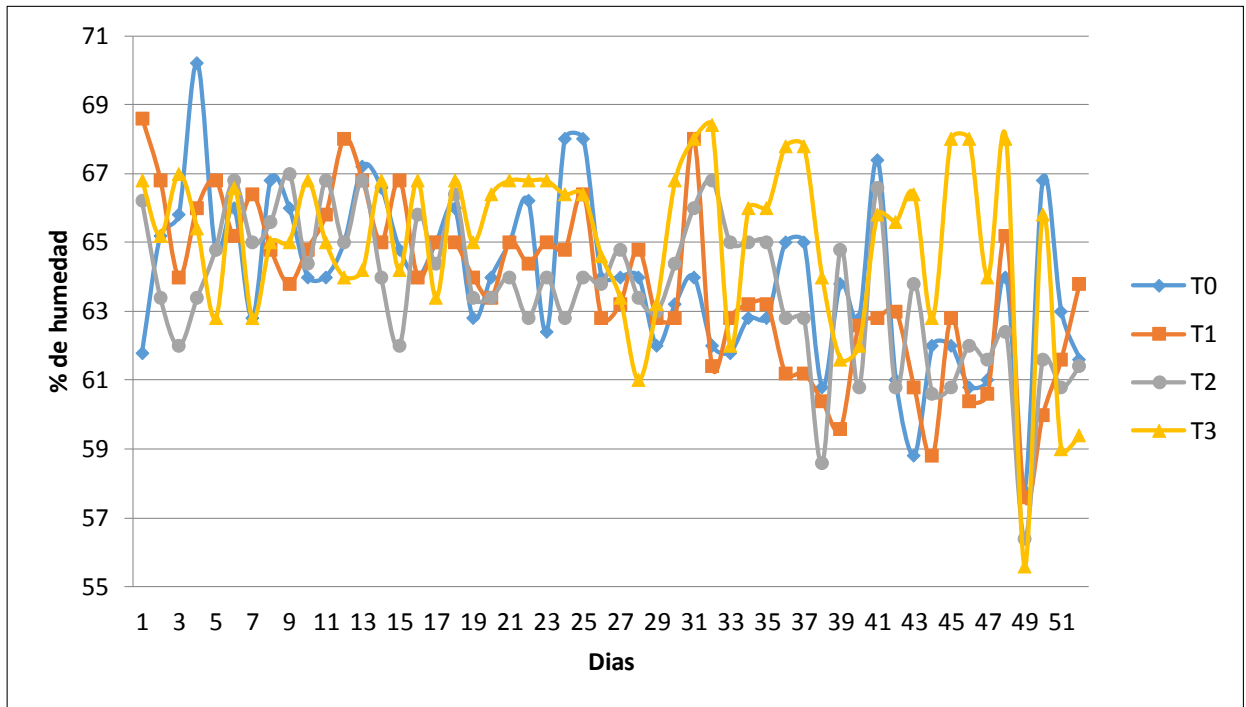


**Figura 16. Comportamiento de la Temperatura (°C) durante las siete semanas de compostaje de raquis de palma africana.**

Según Laich 2011 en estas condiciones de temperatura predominan las bacterias, mientras los hongos están totalmente inactivos y su subsistencia se mantiene en estructuras de resistencia y esporas, por lo que no juegan un papel importante en la degradación y mineralización de la materia orgánica durante esta etapa. Aun con la aplicación de *Trichoderma* al sistema, las condiciones no permiten su proliferación no influyendo significativamente a producir una reducción del tiempo de compostaje.

### 2.6.9 Comportamiento del Porcentaje de Humedad

En la figura 17, puede observarse que la humedad se mantiene en un rango de 55-70%, lo cual se logra con la adición de efluentes provenientes de la planta de beneficio, el cual cumple con la función de aportar humedad, nutrientes y microorganismos a las pilas de compost.



**Figura 17. Porcentaje de Humedad (%H) durante las siete semanas de compostaje de raquis de palma africana.**

Según el resumen ANDEVA (Ver Cuadro 4), no existe una reducción significativa del tiempo de compostaje al aplicar *T. harzianum*, pues, las dosis aplicadas presentan estadísticamente los mismos resultados; tanto en el grado de descomposición de la materia orgánica, en los contenidos nutricionales (NPK) del compost, pH, y en la relación C/N. Únicamente la variable pH presenta diferencia significativa en la semana 6 y el tratamiento que presenta el mejor resultado es el de 200 ml/TM, toda esta información también puede observarse en la tendencia de las gráficas.

El compostaje debe ser un sistema aeróbico en el cual interactúan distintos tipos de microorganismos, entre los cuales destacan hongos y bacterias, sin embargo las poblaciones que fluctúan según la fase en la que el proceso se encuentra (mesófila, termófila, enfriamiento y maduración). Según Sánchez 2009, las bacterias celulolíticas descienden a medida que avanza el compostaje, al contrario, los hongos incrementan su actividad al final del proceso (Ver figura 5). Por lo tanto el momento de aplicación de *T. harzianum* quizá no fue el adecuado para lo que se pretendía, pues las altas temperaturas de la fase termófila no permitieron su reproducción en los niveles óptimos para provocar una

diferencia significativa en la disminución del tiempo de compostaje respecto al testigo, pues la inoculación se realizó después de 15 días de ser conformadas las pilas de compostaje, momento en el cual iniciaba la fase termófila (60-80°C), en la que, según Laich 2011 los hongos están totalmente inactivos y su subsistencia se mantiene en estructuras de resistencia y esporas, por lo que no juegan un papel importante en la degradación y mineralización de la materia orgánica durante esta etapa y al ver la figura 16, de la gráfica de temperatura, podemos observar que esta no baja de los 60°C durante el proceso de compostaje.

Los hongos con mayor capacidad de degradación, según Peña y Rivera (1996) son *Trichoderma*, *Neurospora* y *Geotrichum*. Sin embargo, la dinámica natural de microorganismos en el compostaje involucra numerosas poblaciones de hongos entre los cuales podemos mencionar *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Backusella*, *Ulocladium*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Scopulariopsis*, *Geotrichum*, etc. Posiblemente el *Trichoderma* aplicado, no tenga la capacidad de dominar en cuanto a densidad, a las poblaciones naturales existentes, por lo que su efecto se ve opacado por las mismas, y que sean estos otros microorganismos, los que dominan el proceso de compostaje, por constituir una comunidad en equilibrio. De tal forma que para evaluar mejor el efecto de *Trichoderma*, debería hacer un cultivo previo mezclado con los otros microorganismos, de tal manera que en esa fase ya forma parte de la comunidad microbiana.

Según Laich 2011 las comunidades varían continuamente en función de la evolución de la temperatura, disponibilidad de nutrientes, concentración de oxígeno, contenido de agua, pH, acumulación de compuestos antibióticos, etc. es posible entonces que se necesite más tiempo de interacción *Trichoderma*-microorganismos para poderse agregar a la comunidad natural de microorganismos y posteriormente aumentar su población a niveles óptimos para generar una descomposición estadísticamente significativa.

Para el caso de los nutrientes, se sabe que entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, y P, K que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano, Según Díaz y Michel 2004, en general, entre el inicio y el final de la incubación se produce un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes, debido a la

pérdida de materia orgánica de la masa a compostar. Por lo tanto, el contenido de nutrientes esta de la mano con la capacidad degradadora de los microorganismos, que para el presente caso no presentan diferencias estadísticas significativas, por lo tanto, es posible que para que exista mayor contenido de NPK se necesite más tiempo de proceso, para que el microorganismo logre reproducirse al nivel óptimo en el que la degradación que resulte refleje un aumento en las concentraciones de los macronutrientes de interés.

## 2.7 CONCLUSIONES

1. El hongo *Trichoderma* no tiene la capacidad de reproducirse de forma óptima durante la etapa termofílica, que es la etapa en la que el sistema se encontraba, esto da como resultado que no existe diferencia estadística en los resultados obtenidos para los valores de relación Carbono/Nitrógeno, porcentaje de Materia orgánica (%M.O.), pH y contenido de nutrientes (Nitrógeno, Fosforo y Potasio), por lo tanto, la aplicación de *T. harzianum* a las pilas de raquis no disminuyen el tiempo de compostaje de los subproductos de palma africana.
2. La aplicación de *T. harzianum* no genera diferencia estadística en el porcentaje de descomposición de materia orgánica en el proceso de compostaje, ya que este hongo no contó con las condiciones de temperatura idóneo durante el proceso.
3. No hubo aumento de las concentraciones nutricionales de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, que dependen en gran medida del grado de descomposición de M.O., dicha actividad que no se logró en su totalidad, durante el proceso de compostaje y de aplicación de efluentes provenientes de las lagunas metano génicas.



## 2.8 RECOMENDACIONES

1. Realizar aplicaciones de productos que contengan una mezcla de los principales microorganismos encontrados en el proceso de compostaje, hongos: *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Backusella*, *Ulocladium*, *Acremonium*, *Scopulariopsis*, *Geotrichum*, Bacterias: *Bacillus*, *Thiubacillus* y *Enterobacter*, para afectar el sistema completo, así, cada microorganismo tendrá mayor posibilidad de incrementar su población en el momento que la temperatura y la humedad sean las adecuadas según la etapa en la que se encuentre el proceso de compostaje, que sería después de la etapa termofílica.
2. Realizar investigaciones para determinar el momento adecuado de la aplicación de *Trichoderma*, pues las poblaciones dependen de la etapa en que se encuentre el proceso de compostaje y las comunidades varían continuamente en función de la evolución de la temperatura, disponibilidad de nutrientes, concentración de oxígeno, contenido de agua, pH, acumulación de compuestos antibióticos, etc. De esta manera se generaría una mejor condición para que los microorganismos descomponedores incrementen sus poblaciones.
3. Para aumentar la concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el proceso de descomposición de la materia orgánica, asegurar que las pilas de compostaje reciban la cantidad de efluentes necesarios ( $2\text{m}^3/\text{TM}$ ) y evitar la lixiviación por la lluvia colocando un techado a las pilas de compostaje.



### 3.1 PRESENTACIÓN

Para definir los servicios a prestar en el área de investigación, se procedió a la elaboración de un diagnóstico como primer punto, por medio del cual se detectaron Debilidades y Amenazas con la ayuda de un análisis FODA. De esta cuenta se enfocó el plan de servicios para apoyar y mitigar dichos problemas.

Se logró definir que el área de investigación tiene a su cargo actividades que se realizan periódicamente, tales como: la implementación de buenas prácticas agrícolas en la aplicación de ácido fosfórico; además de actividades como supervisión de muestreos foliares y de suelos, fertilización y medición de parámetros en parcelas de evaluación de formulaciones de NPK y potencial de respuesta, conteo de inflorescencias, peso de racimos, redacción y actualización de manuales de procedimiento y que además, existe la necesidad de implementar nuevos proyectos de investigación en las distintas áreas.

De tal manera, se definieron 3 servicios a realizar, los cuales fueron: Implementación de buenas prácticas agrícolas en la aplicación de ácido fosfórico, apoyo en la coordinación y supervisión de actividades de campo, actualización de manuales de procedimiento y creación de formatos para actividades investigación agrícola. Los cuales engloban las actividades descritas con anterioridad. En el documento se detallan los objetivos, metodología y cronograma para cada uno de ellos.

## **3.2 AREA DE INFLUENCIA**

El municipio de Fray Bartolomé de las Casas se encuentra al nororiente el departamento de Alta Verapaz, a una distancia de 325 km de la ciudad capital por lo cual el tiempo promedio de viaje es de 7 horas.

Los servicios fueron ejecutados en el área de investigación, del departamento técnico-agrícola, en las fincas Yalcobé y El Rosario, en las cuales se cuentan con 48 y 25 parcelas respectivamente y en ellas se realizaron los ensayos de fertilización.

Se llevaron a cabo investigaciones y actividades varias las fincas de la región de la Franja transversal del Norte (propiedad de Naturaceites) como: Sacol, Peñita, Bacadilla, Canaleño, El Rosario y Yalcobé.

Las 6 fincas se encuentran ubicadas cerca del municipio Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. La finca Yalcobé se encuentra a una altitud de 146.34 metros sobre el nivel del mar, con una extensión territorial de 633.9 ha.

## **3.3 SERVICIOS PRESTADOS**

### **3.3.1 Implementación de buenas prácticas agrícolas en la aplicación de ácido fosfórico.**

#### **3.3.1.1 Definición del problema**

El fósforo actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento, transferencia de energía, división y alargamiento celular, además contribuye a aumentar la resistencia a las enfermedades en algunas plantas y acelera la maduración.

Sin embargo el fósforo es una de las deficiencias que provoca mayores limitaciones en la producción de los cultivos a nivel mundial y el cultivo de palma no es la excepción. Sin embargo por las características químicas del fósforo, al ser aplicado al suelo se aprovecha del 20 a 30%, como fosfato soluble en agua durante el primer año y el resto forma compuestos insolubles en agua.

Por lo tanto para compensar esta deficiencia se requiere de un producto activo como lo es el ácido fosfórico, el cual posee una alta solubilidad en agua lo que lo hace actuar más rápido.

Sin embargo su utilización requiere de mucha precaución pues los vapores son corrosivos; al ser inhalados pueden causar problemas severos en la garganta y los pulmones. La ingestión produce quemaduras en la boca, garganta y estómago. Y si llega a los ojos es corrosivo y puede causar daños permanentes e irreversibles. Por tal razón es de vital importancia la implementación de buenas prácticas agrícolas, para resguardar la salud de las personas encargadas de la aplicación.

### **3.3.1.2 Objetivos**

- Actualizar el manual de procedimiento.
- Seleccionar el equipo de aplicación utilizado por el personal de campo.

### **3.3.1.3 Metodología**

#### **A. Elaboración de manual de procedimiento**

Se elaboró un manual de procedimiento el cual contiene medidas de seguridad necesarias para la correcta manipulación del ácido fosfórico como fertilizante agrícola, además de información necesaria como:

- Identificación del producto
- Efectos para la salud
- Primeros auxilios
- Almacenamiento y manipulación
- Metodología de aplicación
- Equipo de protección personal

## **B. Capacitación**

Se les proporcionó a los 6 aplicadores una capacitación sobre las características del ácido fosfórico, los riesgos a la salud, así como los primeros auxilios en caso de entrar en contacto con el ácido fosfórico.

## **C. Selección del equipo de protección.**

Se definió en conjunto, el tipo de equipo de protección que debe utilizar el personal encargado de la aplicación, que cumplirá con evitar que el ácido haga contacto con la piel y a la vez sea cómodo para llevar a cabo la fertilización en época calurosa.

### **3.3.1.4 Evaluación**

Se elaboró un manual de procedimiento, que contiene la descripción de las principales actividades que se llevan a cabo durante la aplicación de ácido fosfórico, el cual contiene la siguiente estructura

- Propósito
- Objetivos
- Responsable
- Información General
- Materiales y equipo
- Procedimiento (antes de la aplicación, durante la aplicación y después de la aplicación)
- Referencias bibliográficas

	<b>APLICACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO</b>	Código: MA-IA-FTN
		Versión: 1
		Fecha: Mayo 09-2014
		Página: 1 de 5

### 1. PROPÓSITO

Emplear ácido fosfórico para aumentar la producción del cultivo de palma aceite aumentando su disponibilidad en los suelos y favoreciendo así en los periodos críticos: fecundación, maduración y movimiento de las reservas.

### 2. OBJETIVOS

- Establecer procedimientos y normas de seguridad para la manipulación y aplicación de ácido fosfórico en el cultivo de Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq).
- Disminuir los riesgos a la salud por intoxicación o quemadura.
- Disminuir la contaminación al medio ambiente por deriva a ríos y subsuelo.

### 3. RESPONSABLES

- Jefa de investigación
- Trabajadores de campo

### 4. INFORMACIÓN GENERAL

El ácido fosfórico es un fertilizante activo, el cual posee una alta solubilidad en agua, por lo que actúa más rápido que las fuentes convencionales de fósforo, mejorando considerablemente la producción de los cultivos. Sin embargo su utilización requiere de mucha precaución pues los vapores son corrosivos; al ser inhalados pueden causar problemas severos en la garganta y los pulmones. La ingestión produce quemaduras en la boca, garganta y estómago. Y si llega a los ojos es corrosivo y puede causar daños permanentes e irreversibles.

### 5. MATERIALES Y EQUIPO

- Equipo de protección personal completo (Overol de PVC, camisa, chaleco de PVC, gafas claras, guantes de nitrilo, mascarilla y botas de hule).
- Recipientes de 1,000 ml.
- Bombas de mochila sin boquilla
- 600 Kg (canecas) de Ácido Fosfórico al 85% por aplicación.
- Filtros.
- Agua limpia.
- Croquis para ubicación de parcelas experimentales.

## Figura 18. Primera página del manual de aplicación de ácido fosfórico

Se realizó una capacitación al personal de aplicación y posterior a ello se procedió a la aplicación del ácido fosfórico, empleando el equipo de protección personal y las indicaciones hechas durante la capacitación, en la cual se tocaron los siguientes temas:

- Las características del ácido fosfórico.
- Recomendaciones para el transporte.
- Riesgos a la salud por inhalación, ingestión, contacto con la piel y ojos.
- Recomendaciones para evitar daños humanos.
- Equipo de protección.
- Que hacer antes de la aplicación
- Como quitarse y ponerse el equipo de protección personal.

- Que hacer después de la aplicación.
- Lavado del equipo de protección.
- Manejo de recipientes vacíos.



**Figura 19. Traje de aplicación de ácido fosfórico.**

### 3.3.1.5 Constancias



**Figura 20. Equipo de protección.**

NaturCoites Investigación Agrícola		CONTROL DE USO Y MANEJO DE FERTILIZANTES		Código: 18-23-019							
Ejemplo: Bateria de fertilizantes org.		Fecha: 19/11/2019		Versión: 1							
Ejemplo: Fertilizante		Lote: 201901		Fecha: 19/11/2019							
Producto: Azote 50% ósmo		Responsable: Estela Sotelo		Página: 1 de 2							
Responsable: Andrés Bello											
Control		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Equipo de protección personal											
Overol de PVC		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Camisa manga larga		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Chaleco de PVC		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gafas claras		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Guantes de látex		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mascarilla		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Botas de hule		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Materiales											
Medidas para desinfección											
Borrinas de mochila (borrinas adecuadas)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Flecos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Consulta de ubicación		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conocimiento de medidas de seguridad											
¿Conoce los riesgos al manipular el fertilizante?		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
¿Reconoce síntomas de intoxicación?		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
¿Conoce los primeros auxilios en caso de intoxicación?		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones: El 4 excepto de preparación de soluciones											

**Figura 21. Hoja de control**



### 3.3.2 Apoyo en la coordinación y supervisión de actividades de campo.

#### 3.3.2.1 Definición del problema

Actualmente el área de investigación tiene ensayos de nutrición en las fincas de Yalcobé y El Rosario, en los cuales se llevan a cabo actividades de fertilización, muestreo (suelo y foliar), medición de parámetros, peso de racimos y conteo de inflorescencias.

El personal de campo a cargo de estas actividades está capacitado para llevar a cabo cada una de ellas, sin embargo es necesaria una coordinación y supervisión constante de las actividades diarias, con el fin de hacer indicaciones correspondientes para que las actividades se realicen de la mejor manera posible.

#### 3.3.2.2 Objetivos

- Apoyar en la coordinación de las actividades bajo la responsabilidad del área de investigación.
- Supervisar las actividades de muestreo, fertilización y otras actividades de campo.

#### 3.3.2.3 Metodología

- Conocer las actividades realizadas, y aprender el mecanismo adecuado de cada una de ellas.
- Hacer una planificación mensual, con el fin de listar las actividades y definir el día y lugar de ejecución.
- Transportarse al lugar de ejecución de la actividad, para supervisar la metodología empleada y en caso de ser necesario hacer indicaciones según el caso.

**Muestreo Foliar:** Verificar que el muestreo foliar se lleve a cabo en el número de palma correspondiente y de la manera adecuada. Para el caso de suelos, verificar si las muestras se obtienen a la profundidad adecuada (20,40 y 60 cm).

**Medición de parámetros:** Supervisar que la medición de parámetros fue realizada en el número adecuado de palmas y de la forma correcta.

**Fertilización:** Verificar que la aplicación de fertilizante sólido y líquido tuvo la distribución correcta en cada una de las palmas.

**Peso de Racimos:** Esta actividad se llevó a cabo únicamente en días de cosecha. Se pesaron los racimos cosechados, y se verificó que los racimos no fueran evacuados del área sin haber sido pesados. Durante la actividad fue necesario supervisar que el peso de los racimos se llevara a cabo de la manera correcta.

**Conteo de inflorescencias:** Verificar que el conteo de inflorescencia se llevó a cabo en el lote, centro frutero y en el número de palma correcta.

- Cuando la actividad lo ameritaba apoyar en el transporte de muestras y formatos de muestreo.

#### **3.3.2.4 Evaluación**

Se apoyó al área de investigación en las actividades de muestreo foliar, medición de parámetros, fertilización, peso de racimos y conteo de inflorescencias siguiendo la programación anual ya establecida, en la que estaban indicadas las fechas en las que correspondía cada actividad.

Durante la supervisión se verificó la correcta realización de las actividades y al momento de encontrar deficiencias se procedió a dar las indicaciones para hacerlo de manera correcta siguiendo los lineamientos establecidos en el manual de procedimiento de cada actividad.

Antes de iniciar cada actividad se procedida con una charla sobre la importancia de la correcta realización de las actividades, se les hacía el recordatorio (con el apoyo del manual de procedimiento) de que cuidados debían prestar durante la jornada de trabajo, también se llevaba a cabo la demostración del uso de materiales de medición cuando estos eran necesarios.

No.	Ensayo	Ubicación	Actividad/semana	Enero					Febrero							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Balance de fórmulas NPK	Yalcobé, 20108	Muestreo foliar													
			Medición de parámetros													
			Muestreo de suelos													
			Cambio o reposición de letreros de identificación de tratamientos													
			Aplicación de Nitrato de amonio													
			Aplicación de Muriato de Potasio													
			Calibración de bombas y aplicación de Ácido fosfórico													
			Aplicación Boro													
			Aplicación Silicio													
			Peso de racimos													
2	Potencial de respuesta	Yalcobé, 20108	Muestreo foliar													
			Medición de parámetros													
			Muestreo de suelos													
			Cambio o reposición de letreros de identificación de tratamientos													
			Aplicación Muriato de Potasio													
			Aplicación Boro													

Figura 22. Cronograma del área de investigación.

### 3.3.2.5 Constancias



Figura 23. Charla antes de iniciar la fertilización



Figura 24. Racimos listos para ser pesados.

### **3.3.3 Actualización de manuales de procedimiento y creación de formatos para actividades investigación agrícola.**

#### **3.3.3.1 Definición del problema**

El área de investigación cuenta con manuales de procedimiento para cada una de las actividades que ejecuta, sin embargo algunos están desactualizados o bien se necesita la creación de nuevos manuales para actividades recién establecidos.

También se requiere de la creación o actualización de los formatos con los que se recopila la información de los distintos muestreos de parámetros. Por lo tanto el presente servicio se enfoca en la actualización y mejora de los manuales actuales, así como la creación de nuevos, en caso de ser necesarios además de la actualización.

#### **3.3.3.2 Objetivos**

- Actualizar los manuales de procedimiento de las distintas actividades de investigación.
- Ilustrar la metodología seguida en los manuales de procedimiento.
- Crear formatos para mediciones.

#### **3.3.3.3 Metodología**

##### **A. Actualización de manuales de procedimiento**

Revisión de los manuales de procedimiento utilizados en las actividades de investigación, para verificar si es necesario la corrección o actualización.

##### **B. Actualización de manuales y formatos**

Implementación de modificaciones que permitieron una mayor comprensión de la metodología de ciertas actividades. Se realizaron las actualizaciones pertinentes de acuerdo a los cambios implementados en la metodología.

### C. Ilustración de procedimientos

Se le sumo fotografías a los manuales de procedimiento que no contaban con ilustraciones de los pasos seguidos en cada procedimiento.

### D. Elaboración y actualización de manuales y formatos

- **Manuales:** Se actualizaron los manuales siguientes: aplicación de ácido fosfórico, aplicación de fertilizantes, disecciones y recolección de inflorescencias para traslado.
- **Formatos:** Se elaboraron nuevos formatos para el control de peso de racimos cosechados, tasa de desprendimiento de frutos, conteo de polinizadores.


#### 3.3.3.4 Evaluación

Se elaboraron manuales de procedimiento para las actividades de aplicación de ácido y polinización asistida.

También se actualizaron los manuales de procedimiento de las actividades, manejo de aplicación de fertilizantes, ensayo de balance de fórmulas NPK, disección de palma aceitera.

Para llevar un correcto control de los datos recopilados durante algunas actividades que incluyen mediciones se realizaron formatos para control de datos, tales como peso de racimos, control de uso de equipo de protección.

### 3.3.3.5 Constancias

	<b>POLINIZACION ASISTIDA</b>	<b>Código:</b> MA-IA-FTN
		<b>Versión:</b> 1
		<b>Fecha:</b> Mayo 2014
		<b>Página:</b> 1 de 5

**1. PROPOSITO**  
Mejorar la fructificación de racimos al mitigar los efectos de una polinización natural ineficiente causada por un bajo número de inflorescencias masculinas en antesis o de una mala disseminación del polen.

**2. OBJETIVOS**


- Aumentar el peso de racimos al aumentar el número de frutos polinizados.
- Aumentar la uniformidad en los racimos.

**3. RESPONSABLES**

- Jefa de investigación
- Trabajadores de campo

**4. INFORMACIÓN GENERAL**  
La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) produce tanto flores femeninas como masculinas, en inflorescencias distintas, en una misma planta (planta monoica), sin embargo las flores masculinas y femeninas maduran en una secuencia tal que la palma de aceite, obligatoriamente es de polinización cruzada.

**Figura 25. Página inicial de manual de procedimiento para polinización asistida.**

	<b>MANEJO DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ENSAYO DE BALANCE DE FÓRMULAS NPK</b>	Código: MA-IA-FTN
		Versión: 1
		Fecha: Mayo 2014
		Página: 1 de 5

**1. PROPOSITO**  
Determinar las tasas óptimas de aplicación de los macronutriente (N, P, K); para una interacción que genere los mayores rendimientos de racimos y crecimiento vegetativo de las palmas.

**2. OBJETIVOS**


- Asegurar una nutrición balanceada que genere un sano crecimiento y máximos rendimientos del cultivo de palma.
- Lograr una alta eficiencia en la interacción de los macronutrientes NPK.

**3. RESPONSABLES**

- Coordinador de investigación
- Trabajadores de campo

**4. INFORMACIÓN GENERAL**  
Los nutrientes minerales son elementos inorgánicos que tienen funciones fundamentales y específicas en el metabolismo de las plantas (constituyentes de estructuras orgánicas, activadores de reacciones enzimáticas, transportadores de carga y osmorreguladores). (1)

**Figura 26. Página inicial del manual de procedimiento, manejo de aplicación de fertilizantes, ensayo de balance de fórmulas NPK.**

	<b>DISECCIÓN DE PALMA ACEITERA</b> ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq)	Código: MA-IA-FTN
		Versión: 1
		Fecha: Mar 09-2014
		Página: 1 de 2

**1. PROPÓSITO**  
Definir los pasos correctos para diseccionar una palma, desde la numeración correcta de hojas hasta la clasificación de inflorescencias.

**2. OBJETIVOS**

- Numerar correctamente las hojas para poder analizar la taza de producción de racimos.
- Clasificación correcta de las inflorescencias.

**3. RESPONSABLES**

- Coordinador de investigación
- Trabajadores de campo

**Figura 27. Página inicial del Manual de procedimiento de disección de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq).**

 <b>NaturAceites</b> Investigación Agrícola	<b>PESO Y NÚMERO DE RACIMOS COSECHADOS</b>	<b>Código:</b> RE-IA-FTN							
		<b>Versión:</b> 1							
		<b>Fecha:</b> Mar 09-2014							
		<b>Página:</b> 1 de 1							
<b>FECHA DE COSECHA:</b> _____ <b>FECHA DE REGISTRO:</b> _____ <b>ENSAYO:</b> _____ <b>RESPONSABLE:</b> _____									
<b>PARCELA</b>	<b>No. PALMA</b>	<b>PESO DE RACIMO</b>							
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

Figura 28. Formato de control de peso de racimos.

 <b>NaturAceites</b> Investigación Agrícola	<b>CONTROL DE USO EPP Y MANEJO DE FERTILIZANTES</b>	<b>Código:</b> FR-IA-FTN								
		<b>Versión:</b> 1								
		<b>Fecha:</b> Mar 09-2014								
		<b>Página:</b> 1 de 2								
<b>Ensayo:</b>	<b>Fecha:</b>									
<b>Finca:</b>	<b>Lote:</b>									
<b>Producto:</b>	<b>Responsable:</b>									
<b>Control</b>	<b>Responsables</b>									
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Equipo de protección personal</b>										
-Overol de PVC										
-Camisa manga larga										
-Chaleco de PVC										
-Gafas claras										
-Guantes de Nitrilo										

Figura 29. Formato de control de uso del equipo de protección personal y manejo de fertilizantes.



#### 4. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez De la Puente, JM. 2003. Manual de compostaje para agricultura ecológica (en línea). España, Universidad de Vigo, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. 48 p. Consultado 27 mar 2014. Disponible en [http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/agricultura\\_ecologica/Manual%20compostaje.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaje.pdf)
2. Azurduy A, S; Ortuño C, N; Azero A, M. 2009. Evaluación de activadores orgánicos para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo (en línea). Bolivia, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Fundación PROINPA. 15p. Consultado 5 mar 2014. Disponible en <http://www.proinpa.org/phocadownload/articulos/Bioinsumos/evaluacion%20de%20activadores%20organicos%20para%20acelerar%20el%20proceso%20de%20compostaje%20de%20residuos%20organicos%20en%20el%20municipio%20de%20quillacollo.pdf>
3. Barrera, MR. 2006. Costos y rentabilidad de unidades artesanales (carpintería): municipio Fray Bartolome de las Casas departamento de Alta Verapaz. Tesis Lic. Contador público y Auditor. Guatemala, Usac, Facultad de Ciencias Económicas. 176 p.
4. Bueno, P; Díaz, M; Cabrera, F. 2013. Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje (en línea). Sevilla. Consultado 18 jun 2015. Disponible en <file:///C:/Users/rmontejo/Desktop/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
5. Calvache, H; Meneses, N; Gallozzi, R. 2011. Mejores prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite: manual para socios y productores independientes de HONDUPALMA. Honduras, HONDUPALMA. 62 p.
6. Ecopolítica. 2013. CÓMO HACER TU MATRIZ FODA PERSONAL (en línea). Consultado el 13 de mayo de 2014. Disponible en: <http://ecopolitica.net/como-hacer-tu-matriz-foda-personal/>
7. ENVIASEO E.S.P. Limpieza, Calidad y Cumplimiento, CO. 2008. El compostaje (en línea). Colombia. Consultado 27 mar 2014. Disponible en <http://enviaseo.gov.co/content/40/Mes.pdf>
8. Galindo C, T; Romero, H. 2012. Compostaje de subproductos de la agroindustria de palma de aceite en Colombia: estado de arte y perspectivas de investigación. Colombia, CENIPALMA, Boletín Técnico no. 31, 53 p.
9. Gómez, T; Riveros, D; Castro, M. 2007. Procesamiento y comercialización de compost orgánico a partir de los desechos de la extracción de aceite de palma africana (en

línea). Consultado 15 mar 2014. Disponible en <http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/6395/1/126635.pdf>

10. Gordillo, F; Chávez, E. 2010. Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros (en línea). Ecuador, Escuela Politécnica. 10 p. Consultado 20 mar 2014. Disponible en [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf?origin=publication\\_detail](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf?origin=publication_detail)
11. Levy, A. ¿Cómo hacer un análisis FODA? (en línea) Consultado el 13 de mayo de 2014. Disponible en: <http://manuelgross.bligoo.com/como-hacer-un-analisis-foda>
12. López Bautista, EA. 2008 Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicaciones de agronomía. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 176 p.
13. Matriz FODA. 2011. ¿Qué es la matriz FODA? (en línea) Consultado el 13 de mayo de 2014. Disponible en: <http://www.matrizfoda.com/>
14. NaturAceites, GT. 2013. Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum*, en el proceso de compostaje de sub productos de la extracción de aceite crudo de palma. Izabal, Guatemala. 10 p.
15. Raygada Zambrano, R. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera. Lima, Perú, Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA) / Proyecto de Desarrollo Alternativo Tocache-Uchiza (PRODATU). 104 p.
16. Reiche G, A. 2012. Racimos vacíos de palma de aceite y efluentes de la planta extractora para la producción de abono orgánico. Guatemala, Agrícola NaturAceites, Departamento Técnico. Boletín Informativo no. 2, 3 p.
17. Reiche G, A. 2014. Actividades que se realizan en el área de investigación. Finca Yalcobé, Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz. Naturaceites. (Entrevista personal).
18. Reyes, R; Rodríguez, N; Peña, E; Bastidas, S. 2008. Crecimiento en vivero de materiales comerciales de palma aceitera en Tumaco, Colombia. Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria 9(2):12-18.
19. Rosa, L M. 2014. Actividades que se realizan en el área de control de calidad. Finca Yalcobé, Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz. Naturaceites. (Entrevista personal).

20. Rosales, M. 2014. Actividades que se realizan en el área de Laboratorio Agrícola, Insectario y Compostera. Finca Yalcobé, Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz. Naturaceites. (Entrevista personal).
21. Salamanca, S. 2012. Compostaje de residuos industriales en Colombia (en línea). Revista Técnica no. 28. Consultado 20 mar 2014. Disponible en [http://www.tecnicana.org/pdf/2012/tec\\_no28\\_2012\\_p15-20.pdf](http://www.tecnicana.org/pdf/2012/tec_no28_2012_p15-20.pdf)
22. Sanchez G, T. 2009. Caracterización microbiológica del proceso de compostaje a partir de residuos azucareros (en línea). Venezuela, Universidad Central de Venezuela. 8 p. Consultado 15 jun 2015. Disponible en [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at5903/pdf/sanchez\\_t.pdf](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5903/pdf/sanchez_t.pdf)
23. Sandoval, A. 2011. Paquete tecnológico palma de aceite. México, Centro de Investigación Regional Pacifico Sur. 16 p.
24. Soliva, M; López, M. 2005. Calidad del compost: influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso (en línea). Ecuador, Universidad Pontificia Católica. 20 p. Consultado 20 mar 2014. Disponible en [http://mie.esab.upc.es/ms/recerca\\_experimentacio/articles\\_ESAB/Calidad%20compost%20lodos.pdf](http://mie.esab.upc.es/ms/recerca_experimentacio/articles_ESAB/Calidad%20compost%20lodos.pdf)
25. Sztern, D; Pravia, M. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos (en línea). Uruguay, OPS. 69 p. Consultado 15 mar 2014. Disponible en <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>
26. Torres, R; Chinchilla, C; Ramírez, C. 2004. Compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera (en línea). Costa Rica, Ministerio de Agricultura. 8 p. Consultado 20 mar 2014. Disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_411.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_411.pdf)

## a. ANEXOS

**Cuadro 17. Control de conformación de pilas de compostaje, dosis y fechas de aplicación de *Trichoderma harzianum* sobre unidades experimentales.**

BLOQUE	UNIDAD EXPERIMENTAL	IDENTIFICACION	TONELADAS MÉTRICAS				Fecha	DOSIS (M/TM)	TOTAL DE <i>Trichoderma</i> (Lt)	Fecha de aplicación T. h.
			C1	C2	C3	TOTAL (TM)				
1	1	T0R1	6.21	8.22	7.16	21.59	10/07/2014	S/A	0	
	2	T1R1	7.66	7.41	8.4	23.47	10/07/2014	200	4.6	25/07/2014
	3	T3R1	7.27	7.83	6.3	21.4	10/07/2014	1,600	34.2	25/07/2014
	4	T2R1	8.11	6.04	7.35	21.5	11/07/2014	800	17.2	25/07/2014
2	5	T0R2	6.9	8.12	6.56	21.58	11/07/2014	S/A	0	
	6	T1R2	8	6.6	6.6	21.2	11/07/2014	200	4.2	25/07/2014
	7	T2R2	8.45	7.46	8.49	24.4	11/07/2014	800	19.5	25/07/2014
	8	T3R2	6.82	8.59	6.81	22.22	12/07/2014	1,600	35.5	25/07/2014
3	9	T0R3	7.26	6.5	7.04	20.8	16/07/2014	S/A	0	
	10	T2R3	6.74	7.24	7.61	21.59	17/07/2014	800	17.3	31/07/2014
	11	T1R3	8.02	7.38	7.49	22.89	17/07/2014	200	4.6	31/07/2014
	12	T3R3	7.07	7.27	6.37	20.71	17/07/2014	1,600	33.1	31/07/2014
4	13	T0R4	7.12	6.93	7.85	21.9	17/07/2014	S/A	0	
	14	T3R4	8.15	8.77	8.68	25.6	17/07/2014	1,600	41	32/07/2014
	15	T1R4	6.97	7.48	6.72	21.17	17/07/2014	200	4.2	32/07/2014
	16	T2R4	6.75	7.09	6.84	20.68	18/07/2014	800	16.5	32/07/2014
<b>TOTAL</b>									<b>232</b>	