

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure, possibly a saint or a historical figure, holding a staff. Above the shield is a crown. The shield is flanked by two lions. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Latin text: "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA ACAD. AGRON. PETEN. GUATEMALA. 1690." The text is arranged in a circular path around the central image.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO IMPREGNADO CON EFLUENTES
DERIVADOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*
Jacq.) PARA SU APROVECHAMIENTO COMO ABONO EN EL CULTIVO,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN NACIONAL AGRO INDUSTRIAL, S.A.,
SAYAXCHÉ, PETÉN, GUATEMALA C.A.

ANA LAURA EMILIA GARCÍA CARRILLO

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO IMPREGNADO CON EFLUENTES
DERIVADOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*
Jacq.) PARA SU APROVECHAMIENTO COMO ABONO EN EL CULTIVO,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN NACIONAL AGRO INDUSTRIAL, S.A.,
SAYAXCHÉ, PETÉN, GUATEMALA C.A.

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

POR

ANA LAURA EMILIA GARCÍA CARRILLO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Eberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br. Industrial. Miltón Juan José Caná Aguilar
VOCAL QUINTO	P. Agr. Cristian Alexander Méndez López
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, noviembre de 2016

Guatemala, noviembre de 2016

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 titulado:

“Evaluación del material orgánico impregnado con efluentes derivados de la industrialización de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) para su aprovechamiento como abono en el cultivo, diagnóstico y servicios prestados en Nacional Agro Industrial, S.A., Sayaxché, Petén, Guatemala C.A.”

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

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ana Laura Emilia García Carrillo

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios Mi padre, mi guía y mi luz; por su amor y misericordia infinita, por nunca dejarme sola y poner en el camino todas las pruebas y personas necesarias para llegar a esta gran meta.

Mis padres Jorge García Ramírez y Elena Carrillo Flores por su incansable esfuerzo, por todo el apoyo y amor que me han dado. Por enseñarme a vivir, a ser feliz y ser el mejor ejemplo de lucha y responsabilidad.

Mis hermanos Marcela e Isaac, por estar a mi lado y ser los primeros porristas en mi vida.

Mi abuelita Hilda Emilia Flores Romero por ser el pilar de esta familia y por su gran ejemplo de buenos valores y principios.

Familia Carrillo I. Por todo su amor y apoyo, en los malos y buenos momentos

Brenda Tecún Por sus consejos y apoyo incondicional durante toda la carrera.

Mejores amigos Sofía Rogel, Yasmin Silvestre, Raúl Lemus y Mynor Pineda por ser los mejores hermanos que pude escoger, por motivarme y por todo el cariño infinito que me dan. Ustedes son testigos de todo lo que implica este logro.

Familia Rogel P. Por todo su amor y respeto, gracias por ser mi segunda familia.

Mis amigos Javier, Kelder, Shirley, Ana Gladys, Ana Lucía, Priscila, Katherine Pico, Paola Cedillo, Andrea Doria, Andrea Guerra, Bárbara, Ixche, Rocío Morales, José Roldán, Reynaldo, Cindy Flores, Yasmin Garnica y Eduardo Figueroa. Por la solidaridad y amistad brindada.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios

Mi familia

Mi hermosa patria Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Nacional Agro Industrial, S. A.

Mis catedráticos

Mis compañeros

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por su amor infinito.

A mis padres, hermanos, tío, abuelos y primos por su amor y apoyo.

Ing. Agr. Cesar Linneo García por su asesoría y por compartir sus valiosos conocimientos para llevar a cabo este documento.

Dr. Marco Vinicio Fernández, por su apoyo, consejos y motivación durante el Ejercicio Profesional Supervisado hasta el día de hoy.

Ing. Agr. Wilfredis Forero por tan valioso apoyo y por compartir su experiencia profesional para que aprendiera sobre el cultivo de palma de aceite.

Nacional Agro Industrial, S. A. por permitirme la oportunidad de llevar a cabo el Ejercicio Profesional Supervisado.

El personal del departamento de sanidad vegetal de NAISA por apoyarme en campo y compartir sus conocimientos, en especial a Hector Pan y Byron Juc.

Mis amigos de Sayaxché Carlos y Thelma Cifuentes, Ing. Luis Chavarría y familia Flores Ochoa por el cariño y las atenciones prestadas.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN GENERAL.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE SANIDAD VEGETAL DE LA EMPRESA NACIONAL AGRO INDUSTRIAL, S. A.....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 METODOLOGÍA	5
1.3.1 Fase de recopilación de información secundaria	5
1.3.2 Fase de recopilación de información primaria.....	5
1.3.3 Descripción y análisis de la Información	5
1.4 RESULTADOS.....	6
1.4.1 Misión de Nacional Agro Industrial, S.A.	6
1.4.2 Visión de Nacional Agro Industrial, S.A.....	6
1.4.3 Política de calidad social y ambiental de Nacional Agro Industrial, S.A.	6
1.4.4 Departamento de Sanidad Vegetal	7
1.4.5 Área de sanidad vegetal	8
1.4.6 Principales actividades del área de sanidad vegetal.....	9
1.4.7 Área Laboratorio de sanidad vegetal.	11
1.4.8 Área de Impregnación.....	12

CONTENIDO	PÁGINA
1.4.9 Jerarquización de problemas.....	14
1.5 CONCLUSIONES.....	16
CAPÍTULO II.....	17
EVALUACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO IMPREGNADO CON EFLUENTES DERIVADOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE (Elaeis guineensis Jacq.) PARA SU APROVECHAMIENTO COMO ABONO EN EL CULTIVO.	17
2.1 PRESENTACIÓN	19
2.2 MARCO TEÓRICO.....	21
2.2.1 Marco Conceptual.....	21
A. Características de los racimos de <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	21
B. Características del fruto de <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	23
C. Efluentes del beneficiado de aceite de palma (<i>E. guineensis</i>)	24
D. Método de impregnación de la tusa picada, prensada (TPP)	26
E. Abono orgánico	29
F. Humedad	31
G. Temperatura.....	32
H. Relación Carbono/Nitrógeno	33
I. Potencial de Hidrógeno.....	34
J. Densidad aparente.....	34
K. Requerimientos nutricionales de <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.....	35
2.2.2 Marco Referencial.....	37
A. Localización del experimento	37
B. Condiciones Climáticas	38
C. Clasificación de suelos.....	39
D. Zonas de vida.....	39
E. Indicadores de producción de subproductos de la PBI	39
F. Propiedades químicas de los efluentes obtenidos de la PBI.....	40
2.3 OBJETIVOS	41

CONTENIDO	PÁGINA
2.3.1 Objetivo General	41
2.3.2 Objetivos Específicos.....	41
2.4 HIPÓTESIS.....	42
2.5 METODOLOGÍA.....	42
2.5.1 Tratamientos	42
2.5.2 Unidad Experimental.....	43
2.5.3 Variables de respuesta determinadas en la TPPI antes de ir a campo.....	43
A. Determinación del porcentaje de Humedad	43
B. Densidad	44
C. Relación Carbono/Nitrógeno y pH.....	45
2.5.4 Variables de respuesta determinadas en la TPPI en campo	45
A. Ubicación de los tratamientos en campo.....	46
2.5.5 Recolección de muestras.....	47
2.5.6 Análisis de información	47
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
2.6.1 Resultados determinados en la TPPI antes de ir a campo	48
A. Determinación del porcentaje de humedad de la TPPI	48
B. Densidad	49
C. Relación C/N	50
D. Potencial de hidrógeno.....	51
2.6.2 Resultados determinados de la TPPI en campo	52
2.7 CONCLUSIONES	56
2.8 RECOMENDACIONES.....	57
CAPÍTULO III.....	57
SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE SANIDAD VEGETAL DE	
NACIONAL AGRO INDUSTRIAL, S.A.	57
3.1 PRESENTACIÓN	59
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA.....	60

CONTENIDO	PÁGINA
3.2.1 Ubicación de la zona de estudio	60
3.2.2 Condiciones Climáticas	60
3.2.3 Zona de vida	60
3.3 OBJETIVOS	61
3.3.1 Objetivo General.....	61
3.4 PRUEBA PILOTO DEL ENSAYO ESTABLECIDO POR NAISA PARA LA DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA TPPI EN LA PRODUCTIVIDAD DE PALMA DE ACEITE <i>Elaeis guineensis Jacq.</i>	62
3.4.1 Definición del problema	62
3.4.2 Objetivos específicos.....	63
3.4.3 Metodología	63
3.4.4 Resultados.....	66
A. Variables de crecimiento.....	66
B. Peso promedio de raíces	69
C. Peso promedio de racimos	70
3.4.5 Conclusiones	72
3.4.6 Recomendaciones	73
3.4.7 Constancias.....	74
3.5 CONTROL Y MONITOREO DE POBLACIÓN DE MUSCA DOMESTICA EN ÁREAS DE APLICACIÓN DE TPPI.....	75
3.5.1 Definición del problema	75
3.5.2 Objetivos específicos.....	76
3.5.3 Metodología	76
3.5.4 Resultados.....	78
A. Monitoreo de Musca domestica	78
B. Ensayo de EM para control de larvas de <i>M. domestica</i>	79
3.5.5 Conclusiones	81
3.5.6 Constancias.....	82

CONTENIDO	PÁGINA
3.6 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN DE POLINIZADORES EN LA PLANTACIÓN DE <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.....	83
3.6.1 Definición del problema.....	83
3.6.2 Objetivos específicos	84
3.6.3 Metodología	84
3.6.4 Resultados	85
3.6.5 Conclusiones	87
3.6.6 Constancias	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	93

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. FODA del departamento de Sanidad Vegetal	14
Cuadro 2. Matriz de jerarquización de problemas.....	15
Cuadro 3. Composición química de racimo vacío en base seca.....	22
Cuadro 4. Límites máximos permisibles para descarga de aguas residuales.....	25
Cuadro 5. Características químicas de los efluentes del beneficiado de aceite de palma (<i>E. guineensis</i>)	25
Cuadro 6. Parámetros de abono orgánico	29
Cuadro 7. Aporte nutricional promedio de los subproductos en abono orgánico	31
Cuadro 8. Rangos óptimos de nutrientes en <i>Elaeis guineensis</i>	36
Cuadro 9. Indicadores de producción de fibra, efluentes y lodos de la PBI	39
Cuadro 10. Análisis químico de efluentes de la PBI	40
Cuadro 11. Descripción de los tratamientos para la evaluación de la TPPI.....	42
Cuadro 12. Porcentaje de humedad promedio de la TPPI.....	48
Cuadro 13. Densidad de la TPPI de los materiales antes de su aplicación en campo	49
Cuadro 14. Resultados de relación carbono/nitrógeno y pH de los materiales antes de su aplicación en campo.....	50
Cuadro 15. Resultados de Relación carbono/nitrógeno y pH de los materiales después de la aplicación de campo.....	52
Cuadro 16. Resultados del análisis químico de la TPPI en campo.....	53
Cuadro 17. Cálculo de balance de nutrientes en la TPPI según cada tratamiento.	55
Cuadro 18. Peso promedio de raíces de palma después de aplicación de TPPI.....	69
Cuadro 19. Tratamiento de EM evaluados en condiciones controladas	77

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Organigrama del departamento de sanidad vegetal, NAISA.....	7
Figura 3. Instalación del área de impregnación de tusa picada y prensada.....	13
Figura 4. Corte transversal del tejido de racimo de fruta fresca	22
Figura 5. Partes del fruto de la palma africana.....	23
Figura 6. Proceso de beneficio integrado de aceite de palma.....	26
Figura 7. Dimensiones de las pilas de TPPI.....	27
Figura 8. Área de Impregnación de la TPP	27
Figura 9. Operación de la máquina Backhus.....	28
Figura 10. Localización del experimento.	38
Figura 11. Área de Impregnación de TPP	43
Figura 12. Puntos de muestreo para evaluar % de humedad en las pilas de TPPI.....	44
Figura 13. Croquis de campo para la evaluación de la fertilidad de la TPPI	46
Figura 14. Gráfica del porcentaje de humedad promedio de la TPPI.....	48
Figura 15. Croquis de campo	64
Figura 16. Parcelas experimentales utilizadas para la evaluación.	64
Figura 17. Croquis de palmas muestreadas en anillos centrales de las repeticiones	65
Figura 18. Peso seco foliar promedio por tratamientos	66
Figura 19. Área foliar promedio por tratamiento	67
Figura 20. Índice de área foliar promedio por tratamiento	67
Figura 21. Historial del promedio de masa foliar por tratamiento	68
Figura 22. Concentración de raíces encontrada en TPPI aplicada en campo.....	70
Figura 23. Peso promedio de racimos por tratamiento.....	71
Figura 24. Medición de parámetros de crecimiento en parcelas de ensayo.....	74
Figura 25. Muestreo de raíces en palmas evaluadas.....	75
Figura 26. Promedio de capturas por trampa mensual en áreas de aplicación de TPPI.	78
Figura 27. Promedio de larvas en muestreo realizado en campo para el ensayo con EM.	79

Figura 28. Conteo de larvas en muestreo realizado en condiciones controladas para el ensayo con EM	80
Figura 29. Preparación de producto a base de EM para aplicar en campo.	82
Figura 30. Trampas cromáticas pegajosas instaladas en áreas de aplicación de TPPI. ...	82
Figura 31. Dedo de flor masculina de <i>E. guineensis</i>	85
Figura 32. Especies identificadas en flores masculinas en NAISA	85
Figura 33. Promedio de polinizadores por flor por finca.....	86
Figura 34. Flor polinizada en finca Ghana.	88
Figura 35. Polinizadores en flor masculina en finca Ceiba	88
Figura 36A. Resultados de laboratorio de la TPPI después de la impregnación	93
Figura 37A. Resultados de laboratorio de la TPPI en campo	94
Figura 38A. Impregnación de efluentes a la TPP.....	95
Figura 39A. Toma de muestras después de cada impregnación de cada tratamiento	95
Figura 40A. Traslado de la TPPI a campo	96
Figura 41A. Aplicación de la TPPI en el lote L34.	96
Figura 42A. Toma de muestra de TPPI para determinación de humedad.	97
Figura 43A. TPPI aplicada a la palma en el lote 34.	97
Figura 44A. Toma de submuestras de TPPI en campo.	98
Figura 45A. Muestras homogenizadas	98
Figura 46A. Empaque de muestras para envío a laboratorio.....	99
Figura 47A. Homogenización de las muestras de TPPI y pesaje	99

RESUMEN GENERAL

Nacional Agro Industrial, S. A. (NAISA) es una empresa palmicultora de alto prestigio a nivel nacional como internacional, que posee varias certificaciones, esto como parte de la constante búsqueda en el mejoramiento de sus procesos.

El presente trabajo de graduación corresponde al Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, realizado en el Departamento de Sanidad Vegetal de NAISA ubicada en el municipio de Sayaxché, Petén, Guatemala, durante los meses de febrero a noviembre del año 2014. En el cumplimiento de dicho ejercicio se ejecutaron tres fases: diagnóstico, investigación y servicios.

Con el objetivo de realizar una descripción de la situación actual del departamento de sanidad vegetal e identificar las principales problemáticas que afronta, se realizó un diagnóstico a través de revisión bibliográfica, observaciones directas y entrevistas a los colaboradores. Con esto se pudo establecer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del área y se priorizaron los problemas de conocida solución, los cuales se convirtieron en los servicios a realizar y estos estarían enfocados en evaluar el impacto de la aplicación Tusa Picada, Prensada e Impregnada (TPPI) con efluentes en las plantaciones de *Elaeis guineensis* Jacq.; al control integrado y monitoreo de las poblaciones de *Musca domestica* y al seguimiento de las lecturas de polinizadores en las diferentes fincas de la empresa.

Así mismo, conforme a los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas al personal del departamento, se definió que el tema de investigación sería la caracterización química y física de la TPPI con los efluentes derivados de la industrialización del aceite de palma para ser utilizada como abono orgánico en las plantaciones de la empresa.

En la segunda fase que correspondió a la ejecución del proyecto de investigación, se analizaron las características de la TPPI en dos etapas: la primera consistió en la

evaluación del material impregnado antes de ser llevado a campo y la segunda etapa después de haberse reciclado los residuos orgánicos en el cultivo y en el momento en que el abono orgánico alcanzó una temperatura ambiente en campo. Se evaluaron las características fisicoquímicas a diferentes volúmenes de efluentes por m³ de tusa picada y prensada. Las variables analizadas fueron: humedad, pH, relación C/N, densidad, concentración de macroelementos y microelementos. Como resultado del estudio de las anteriores variables se determinó que ningún tratamiento obtiene las características adecuadas para ser aplicado en campo como abono orgánico para la palma de aceite. Sin embargo a un volumen de 0.37 m³ de efluentes por m³ de TPP, el material presenta las condiciones más cercanas a las adecuadas de un abono orgánico.

También se recomienda aplicar la TPPI para mejorar la estructura del suelo y promover el crecimiento radicular de la palma, pero si se desea utilizar para fertilización de *E. guineensis*, se debe someter dicho material a un proceso de compostaje.

Por último, los servicios consistieron principalmente en realizar una prueba piloto del ensayo establecido por NAISA para la determinación del efecto de la TPPI en la productividad de palma de aceite *Elaeis guineensis Jacq*, el control y monitoreo de población de *Musca domestica* en áreas de aplicación de TPPI y por último en la determinación de la población de polinizadores en las diferentes fincas.



CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE SANIDAD VEGETAL DE LA
EMPRESA NACIONAL AGRO INDUSTRIAL, S. A.**

1.1 PRESENTACIÓN

Nacional Agro Industrial, S.A. (**NAISA**) es una empresa guatemalteca comprometida con el medio ambiente, asegurar la calidad y las buenas prácticas agrícolas en su proceso de producción de aceite de palma. Por tanto, una de las áreas vitales dentro de la misma es el departamento de Sanidad Vegetal.

El departamento de sanidad vegetal es importante dentro del sistema de producción, ya que a través de un constante monitoreo a la plantación permite la detección temprana de plagas y enfermedades así como la corrección de prácticas agronómicas que puedan afectar el desarrollo y productividad de la planta. Para ello es importante tener una adecuada organización, coordinación y programación de las actividades del departamento.

Con la finalidad de establecer las condiciones actuales del departamento en cuestión se realizó un diagnóstico en el mes de febrero de 2014. En la primera parte, se realizó una visita guiada por el Ing. Wilfredis Forero por las instalaciones de la empresa y plantación; lo cual permitió conocer la funcionalidad e interacciones del departamento con las demás áreas que integran NAISA.

Luego, a través de un análisis FODA y entrevistas al personal, se logró la detección y priorización de problemas que afronta la empresa en el tema fitosanitario y nutricional con la finalidad de determinar el tema de investigación y servicios a prestar dentro del departamento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Realizar una descripción de la situación actual del departamento de Sanidad Vegetal de la Empresa “Nacional Agro Industrial, S.A.”, ubicada en la aldea Las Camelias, Sayaxché, Petén.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conocer la estructura organizacional del departamento de Sanidad Vegetal.
- Identificar la injerencia que tiene el departamento sobre la productividad del cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.).
- Priorizar los problemas principales que el departamento presenta.

1.3 METODOLOGÍA

La metodología que se llevó a cabo para realizar la presente diagnosis fue la siguiente:

1.3.1 Fase de recopilación de información secundaria

- Se revisaron documentos técnicos y manuales de procedimiento que dan los lineamientos de las actividades del departamento de Sanidad Vegetal de NAISA.
- Se realizó una revisión bibliográfica de las plagas y enfermedades que afectan la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.).

1.3.2 Fase de recopilación de información primaria

- Se realizaron observaciones directas de la plantación, oficinas y planta extractora.
- Se llevaron a cabo entrevistas con el siguiente personal del departamento: Técnico de sanidad vegetal, asistente de sanidad vegetal, encargado de laboratorio, supervisor de sanidad vegetal y el encargado de distribución de la TPPI.

1.3.3 Descripción y análisis de la Información

- Se describió la misión y visión de la empresa.
- Se detallaron las funciones y áreas del departamento de sanidad vegetal.
- Se consultó sobre el organigrama del departamento al departamento de recursos humanos de NAISA.
- Se realizó una matriz de jerarquización de los problemas que presenta el departamento de sanidad vegetal.

1.4 RESULTADOS

1.4.1 Misión de Nacional Agro Industrial, S.A.

De manera innovadora, sostenible e integrada construiremos un mundo limpio, bello y saludable para bienestar de todas las familias. (NAISA, 2013)

1.4.2 Visión de Nacional Agro Industrial, S.A.

Somos un grupo empresarial multinacional, que provee marcas de calidad para satisfacer a nuestros consumidores y clientes asegurando rentabilidad para bienestar de nuestros colaboradores, accionistas y la comunidad, preservando el medio ambiente. (NAISA, 2013)

1.4.3 Política de calidad social y ambiental de Nacional Agro Industrial, S.A.

- Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes y consumidores proveyendo productos seguros de calidad ad y valor
- Garantizar la mejora continua del desempeño ambiental, social y económico de nuestros procesos.
- Lograr los objetivos organizacionales
- Cumplir con los requisitos legales aplicables a nuestros negocios. (NAISA, 2013)

1.4.4 Departamento de Sanidad Vegetal

El departamento de sanidad vegetal está constituido por tres áreas: área de sanidad vegetal, área de laboratorio agrícola y área de impregnación de TPP. La estructura organizacional del departamento está compuesta por 45 personas aproximadamente, en la figura 1 se detalla el organigrama. La infraestructura del departamento consta de 3 oficinas, en la oficina 1 se encuentra el técnico agrícola y su asistente; en la oficina 2 se encuentran los supervisores de sanidad vegetal y en la oficina 3 se encuentra instalado el laboratorio de sanidad vegetal (ver figura 2). El área de impregnación de tusa se encuentra a un costado de la planta de beneficio integrado de la empresa.

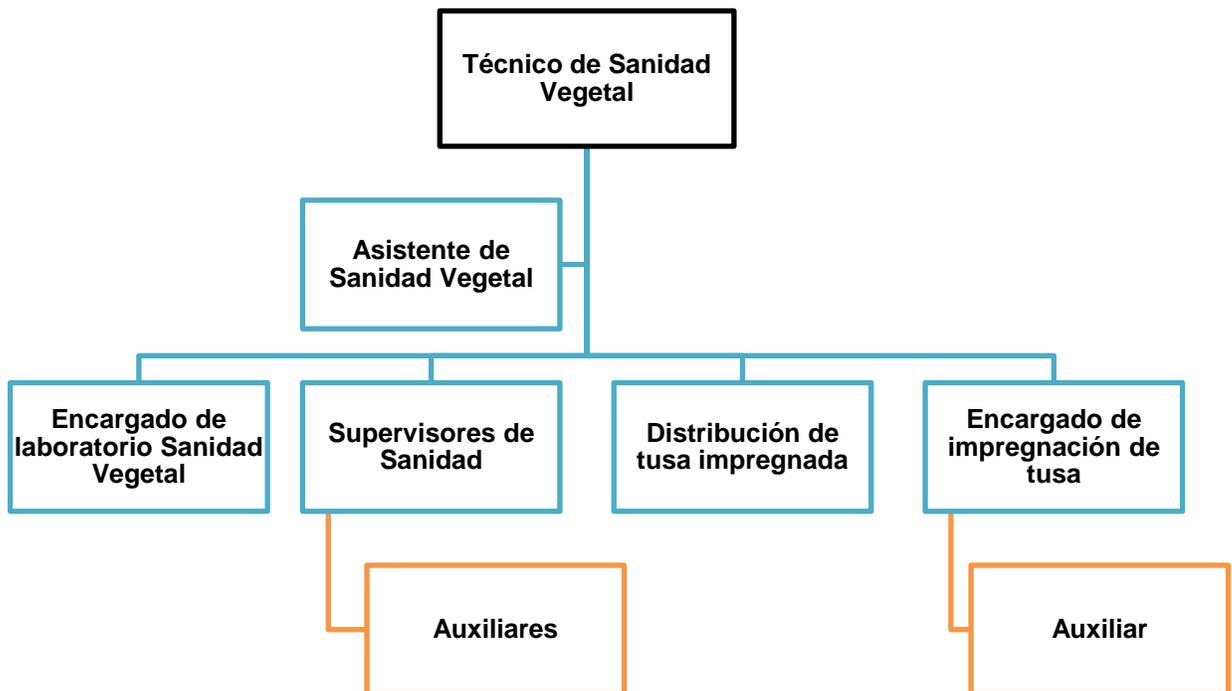
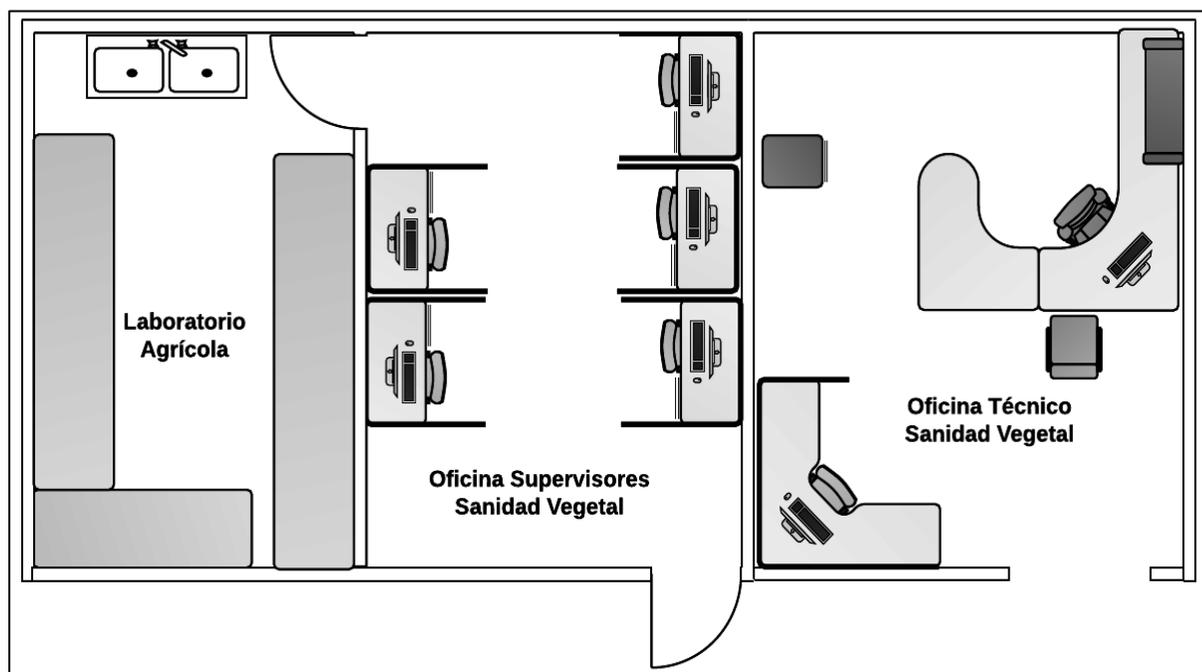


Figura 1. Organigrama del departamento de sanidad vegetal, NAISA.



1.4.5 Área de sanidad vegetal

Está compuesto por 5 supervisores de sanidad vegetal y alrededor de 38 auxiliares distribuidos en las diferentes fincas de la empresa. El área de sanidad vegetal tiene como objetivo la detección temprana de plagas, enfermedades y disturbios haciendo uso de umbrales a través de monitores continuos en los lotes de la plantación. Los ciclos de revisión sanitaria no deben superar los 15 días.

Para llevar a cabo el objetivo del área se realizan los siguientes tipos de revisión:

- A. Revisión General:** Consiste en el monitoreo general de cada uno de los lotes y cada una de las palmas para identificar el individuo afectado por plaga o por una

enfermedad el cual debe ir marcado en un mapa. Los supervisores son los encargados de verificar la información y los auxiliares de realizar dicha revisión.

B. Detección por palma: Se debe revisar palma por palma con el fin de detectar la presencia o ausencia de un problema localizado dentro del lote. Se debe anotar y llevar registro de la información para cuantificar la población de patógenos e identificar los focos.

C. Detección censo muestreo: se utilizan muestreos con estaciones fijas y sólo es aplicable para insectos plagas, es un muestreo rotativo según ciclo de revisión.

1.4.6 Principales actividades del área de sanidad vegetal

Los supervisores están a cargo de realizar la detección y control de las plagas y enfermedades del cultivo.

Las principales plagas que afectan la plantación en NAISA son:

A. Roedores (*Sigmodon hispidus*): ocasionan daño al estípote y fruto de la palma. Se maneja un umbral de una a dos palmas afectadas por hectárea y el tratamiento consiste en la aplicación de cebos rodenticidas y trampas.

B. Hormiga defoliadora (*Atta sp.*): genera defoliación, el umbral que se utiliza es de una palma afectada y el único control es la aplicación de insecticida.

C. Picudo (*Rhynchophorus palmarum*): se alimentan de los tejidos jóvenes de la palma y su importancia radica en que son vectores del nematodo (*Bursaphelenchus cocophilus*) causante de la enfermedad del anillo rojo, una enfermedad letal para la palma aceitera. Para su control se colocan trampas que contienen melaza y caña de azúcar a cada diez hectáreas. Se realiza un análisis de laboratorio, a todos los picudos capturados en las trampas, para verificar que no sean portadores del nematodo.

- D. *Calyptocephala gerstaeckeri*:** crisomélido que en estado de adulto ocasiona lesiones a las hojas y lo convierte en inductor de hongos fitopatógenos. Aún no se tiene un umbral establecido y no se ha definido el método de control a utilizar.
- E. *Opsiphanes cassina* y *Durrantia sp*:** mariposas que en su estado larval ocasionan daños a nivel foliar y pueden ser inductores de la pestalotiopsis, el umbral es de una larva por hoja. Se realiza un monitoreo a través de estaciones fitosanitarias, las cuales consisten en trampas sin el uso de feromonas y su control se hace a través de aplicación de insecticidas biológicos al follaje. Al sobrepasar el umbral se realizan aplicaciones aéreas de insecticidas.

Las principales enfermedades que afectan la plantación en NAISA son:

- A. Arqueo Foliar:** no considerado una enfermedad sino un desorden fisiológico conocido como mal de juventud. No existe una causa real pero se realiza el tratamiento con un reajuste de la fertilización.
- B. Pudrición de flecha:** enfermedad que se caracteriza por una pudrición acuosa de color pardo en los folíolos de las hojas emergentes que aún mantienen sus folíolos sin abrir (Chinchilla 1989). El monitoreo es a través de revisiones diarias de toda la plantación y su control es a través de cirugías y aplicación de insecticidas, fungicidas y fertilizante.
- C. Pudrición de cogollo:** enfermedad que ataca los tejidos jóvenes de la palma y llega a ocasionar su muerte, si la pudrición avanza hasta el meristemo apical. Se realizan monitoreos a cada palma y se controla a través de cirugías y aplicación de insecticidas, fungicidas y KCl.
- D. Anillo clorótico:** enfermedad ocasionada por virus en palmas de vivero y las afectadas son eliminadas. El único manejo que se realiza es la eliminación de malezas y la colocación de trampas con nylon amarillo.

E. Pudriciones basales y marchitez: Dependiendo de la severidad de la enfermedad, se realiza la eliminación de las palmas afectadas.

En general, en NAISA, los tipos de tratamientos para el manejo integrado de plagas y enfermedades que se realizan son:

A. Tratamientos preventivos.

- a. Biológico natural: manejo de malezas y siembra de nectaríferas.
- b. Manejo de la vegetación circundante.
- c. Mantenimiento de reservorios de vegetación nativa
- d. Cultural: fertilización, manejo de aguas, cosecha oportuna, podas, manejo de residuos vegetales.

B. Tratamientos curativos.

- a. Mecánico: recolección de insectos, eliminación de sitios de propagación, barreras vivas
- b. Biológico: aplicación de productos a base de hongos, bacterias y virus.
- c. Químico: se utilizan productos químicos en bajo porcentaje.

1.4.7 Área Laboratorio de sanidad vegetal.

El área de laboratorio de sanidad vegetal está compuesto por una persona la cual tiene las siguientes funciones:

- A.** Preparación, registro y envío de muestras foliares y de suelo para su respectivo análisis a laboratorio externo.

- B. Análisis de picudos y muestras de tejido para la detección del nematodo *B. cocophilus*.
- C. Cuento y registro de polinizadores para cada finca de la empresa.
- D. Monitoreo y control de mosca común en las áreas de aplicación de tusa picada, prensada e impregnada con efluentes derivados del proceso de extracción de aceite.
- E. Encargado de la bodega de suministros y materiales para el manejo integrado de plagas.

1.4.8 Área de Impregnación

En NAISA, no se realiza el proceso de compostaje para la utilización de las tusas y efluentes derivados de la planta de beneficio integrada (PBI), sino que se realiza la impregnación de estos efluentes en la tusa e inmediatamente se trasladan a campo.

El área de impregnación está ubicada a un costado de la PBI, consta de 100 metros de largo por 30 metros de ancho, en este lugar se pueden conformar 4 pilas de tusa picada y prensada (TPP) para su impregnación (Figura 3). El método de impregnación comienza con la recepción de la TPP en el área de impregnación. Luego se apila en los espacios correspondientes para que se pueda regar con la máquina los efluentes. Un riego consta del movimiento de la Backhus a través de una pila a una velocidad de 0.025 m/s, descargando un promedio de 640 litros por minuto. La Backhus, se alinea al inicio de una pila y tarda 45 minutos en llegar al otro extremo de la pila, gira la máquina y empieza en la pila que se encuentra a la par, es decir que cada riego se aplica a dos pilas en un lapso de 1 hora y 30 minutos.



Figura 2. Instalación del área de impregnación de tusa picada y prensada.

El traslado a campo de la TPPI se realiza a través de camiones de volteo y estos la depositan al inicio de las hileras de palma. Luego, con apoyo de un tractor se carga la TPPI en dos carretones que van anclados a otro tractor y al ingresar en las hileras, con la ayuda de dos personas con trinchas, van depositando entre palma y palma alrededor de 350 Kg de material por sitio de depósito.

El personal que conforma el área de impregnación es el siguiente:

- **Encargado de impregnación de tusa:** encargado de operar la Backhus, así como de realizar los mantenimientos y reparaciones necesarias.
- **Auxiliar de impregnación:** encargado de apoyar la operación del carrete de la Backhus, limpieza del área así como de las cajas receptoras de lixiviados.
- **Supervisor de distribución de tusa impregnada:** Encargado de la distribución y aplicación de la TPPI en campo. Apoya las actividades de trampeo para mosca en campo.

1.4.9 Jerarquización de problemas

De acuerdo a las observaciones e información obtenida, se describen en el cuadro 1 las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del departamento.

Cuadro 1. FODA del departamento de Sanidad Vegetal

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> A. Certificación Rainforest Alliance B. Instalaciones adecuadas del laboratorio de sanidad C. Personal capacitado y especializado en todas las áreas del departamento D. Registro completo de actividades diarias en sanidad, laboratorio y área de impregnación E. Tusa picada y prensada 	<ul style="list-style-type: none"> A. Proceso de certificación RSPO B. Producción de microorganismos benéficos C. Producción de parasitoides para control de mosca común D. Producción de compost maduro para el apoyo en el plan de fertilización
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> A. No existen manuales de procedimiento B. Falta de equipo en laboratorio C. Falta de seguimiento a los registros de impregnación D. Espacio insuficiente en el área de impregnación E. Tiempo de residencia de la tusa limitado para la adecuada elaboración de abono orgánico F. No existe seguimiento a lecturas de capturas de <i>Musca domestica</i> en la plantación G. No existe seguimiento a las lecturas de polinizadores 	<ul style="list-style-type: none"> A. Laboratorios agrícolas externos más desarrollados en producción de microorganismos y análisis de muestras B. No pasar auditorías de certificaciones por falta de seguimiento de registros. C. Conflictos sociales debido al poco control sobre la producción de <i>Musca domestica</i> en áreas aplicadas con TPPI

Luego de entrevistar al personal del departamento de Sanidad Vegetal se elaboró una matriz de jerarquización de problemas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de jerarquización de problemas.

PROBLEMAS	A	B	C	D	E	Total
Evaluación del impacto de la TPPI en plantación	2	3	1	4	4	14
Caracterización de la TPPI	1	1	2	3	1	8
Seguimiento a registros de impregnación	4	2	5	5	6	22
Monitoreo y Control de mosca común	3	4	4	1	2	14
Elaboración de manuales de procedimientos	6	5	6	6	5	28
Seguimiento a lecturas de polinizadores	5	6	3	2	3	19

Referencias:

- * A: Técnico de sanidad vegetal
- *B: Encargado de laboratorio de sanidad vegetal
- *C: Asistente de sanidad vegetal
- *D: Supervisor de sanidad vegetal (Finca Primavera)
- *E: Encargado de distribución de TPPI

Según las entrevistas realizadas al personal, el principal problema en el departamento es que se desconoce si las características de la TPPI son apropiadas para su utilización como fertilizante orgánico en palma de aceite. En segundo lugar, creen importante la evaluación del impacto de la TPPI en la plantación y además el monitoreo y control de mosca común en las áreas de aplicación. Luego, según los resultados de la matriz, se debe realizar un seguimiento a las lecturas de polinizadores y por último, la elaboración de manuales de procedimientos y seguimiento a los registros de impregnación.

1.5 CONCLUSIONES

- 1.5.1** El departamento de sanidad vegetal de la empresa NAISA está constituido por tres áreas que son: sanidad vegetal, laboratorio y el área de impregnación. Laboran alrededor de 45 personas: el técnico de sanidad vegetal, asistente del departamento, cinco supervisores de sanidad vegetal, encargado de laboratorio, operador de la Backhus, auxiliar de operador, encargado de distribución de la TPPI y treinta y cuatro auxiliares de sanidad vegetal.
- 1.5.2** El departamento de sanidad vegetal tiene como funciones principales los monitores y revisiones de plagas y enfermedades de la plantación, medida de parámetros de crecimiento, toma y preparación de muestras foliares y de suelo para su análisis químico, conteo de racimos, impregnación de la tusa picada y prensada con efluentes derivados del proceso de extracción de aceite y su aplicación en campo, análisis de tejidos y *R. palmarum* para la identificación de *B. cocophilus*.
- 1.5.3** Los principales problemas encontrados en el departamento de sanidad vegetal son que no se conocen las características físicas y químicas de la TPPI para su utilización como abono orgánico, no se ha evaluado su impacto en la plantación, mejorar el control y monitoreo de las poblaciones de mosca común en las áreas de aplicación de la TPPI y además, hace falta el seguimiento a los registros de polinizadores.



CAPITULO II

EVALUACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO IMPREGNADO CON EFLUENTES DERIVADOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis Jacq.*) PARA SU APROVECHAMIENTO COMO ABONO EN EL CULTIVO.

2.1 PRESENTACIÓN

La empresa Nacional Agro Industrial, S.A. (NAISA) está certificada por la Rainforest Alliance, secretaría internacional de la Red de Agricultura Sostenible, reconocimiento obtenido por el manejo, utilización y tratamiento sostenible del sistema de beneficiado de aceite para reducir los impactos ambientales. Por lo tanto, darle un manejo adecuado a los subproductos de la planta de beneficio integrado es pertinente para su certificación.

Los principales productos secundarios o de desecho son: las tusas o racimos vacíos y los efluentes. La empresa explora mejores métodos de aprovechamiento de dichos subproductos para evitar problemas de tipo sanitario y no ocasionar problemas ambientales en base a las estipulaciones de su certificación.

Existen varias opciones para la utilización de dichos subproductos secundarios. Llevar el raquis vacío al campo, ocasionaría que no se aproveche este material como medio de transporte de los efluentes. Las tusas reciben un tratamiento de picado y prensado con la finalidad de recuperar el aceite residual; posteriormente, se le aplican los efluentes, en un proceso conocido como impregnación. Con este método se busca implementar una solución definitiva, ambiental, sostenible y rentable para la disposición y uso eficiente de subproductos del proceso de beneficiado de aceite de palma, mediante un reciclaje efectivo de nutrientes disponibles en ellos.

Otra metodología adoptada en las plantaciones de palma, consiste en realizar riegos en los lotes con efluentes, condicionada al tipo de suelo que presente la plantación. Si los suelos son vertisoles, se generan pérdidas de suelo por escorrentía, que pueden desembocar en los canales de drenaje que conectan con fuentes de agua naturales.

Compostar, es la manera que comúnmente los palmicultores utilizan, con el raquis vacío y los efluentes, pero tiene el inconveniente de ser un proceso que requiere más de 60 días de residencia para poder aplicarlo en el cultivo. Para las condiciones de la plantación, se considera que la metodología más adecuada es la de impregnación.

En esta investigación se buscó determinar el volumen de efluentes, como fuente de nitrógeno, que se debe aplicar para que la tusa picada y prensada (como fuente de

carbono), alcance las características físicas y químicas adecuadas para ser utilizada como abono orgánico, en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq.*).

La investigación se llevó a cabo en dos etapas, la primera consistió en la evaluación del material impregnado antes de ser llevado a campo y se realizó en el área de impregnación.

La segunda etapa se realizó en campo después de haberse reciclado los residuos orgánicos en el cultivo, al momento en que este material alcanzó una temperatura ambiente en campo.

Por último, se hizo un análisis estadístico descriptivo para todas las variables en estudio y así determinar el volumen de efluentes máximo que se puede impregnar en la tusa.

No se evaluó la temperatura debido a que presentó alta variabilidad, influenciada por las condiciones climáticas; dado que el proceso de degradación de la tusa, picada prensada e impregnada con efluentes, se realiza en campo y no bajo condiciones controladas. Los valores de temperatura registrados, podrían estar influenciados por la actividad microbiana en el material y/o por las condiciones ambientales.

Finalmente, con los resultados de este trabajo se da respuesta a 2 preguntas de investigación: si el material orgánico de desecho impregnado con los efluentes posee las propiedades físicas y químicas apropiadas para su aplicación en campo, y cuál es el volumen adecuado de efluentes que debe impregnar al material, para que alcance dichas propiedades.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Marco Conceptual

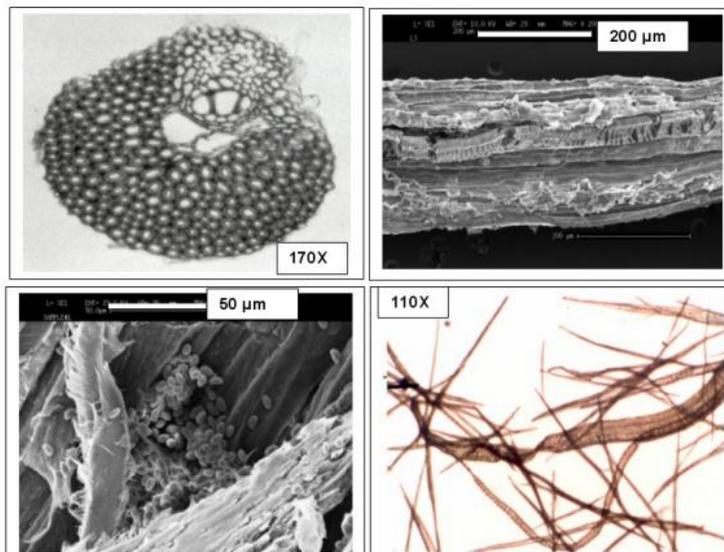
A. Características de los racimos de *Elaeis guineensis* Jacq.

Al conjunto de frutos de la palma de aceite, los cuales se encuentran insertados en unas espiguillas que rodean el raquis en forma helicoidal, se llama racimos de fruta fresca (RFF).

Los racimos tienen forma ovoide y pueden llegar a medir aproximadamente 60 centímetros de largo y 40 centímetros de ancho con un peso variable que oscilan entre cinco a cuarenta kilogramos (Bernal, 2005). Cada RFF contiene alrededor de 1000 a 1300 frutos (Hudzari y Ssomad 2012). La producción promedio anual es de 10 a 12 racimos por palma. (IICA, 2006).

Después del desfrutado, en el proceso de extracción de aceite, quedan los racimos vacíos de palma de aceite u EFB (empty fruit brunch), que están constituidos por un material lignocelulósico que contiene 1% a 2.5% de aceite vegetal impregnado, producto de la separación física de los frutos en el proceso de esterilización.

La estructura de la pared celular del racimo está compuesta en su mayoría por fibras y elementos del vaso en la región central de los haces vasculares (Law y Jiang 2001). Sus principales componentes son: celulosa, glucano y xilano, en aproximadamente 66%, y lignina en un 12% (ver figura 4).



Fuente: Law et al, 2007

Figura 3. Corte transversal del tejido de racimo de fruta fresca

Debido a su morfología los racimos tienen alta capacidad de retención de humedad, esta varía entre 60 a 65%, además la mayor proporción de su composición química es de potasio (K) y en menor proporción, nitrógeno (N), fósforo (P) y magnesio (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Composición química de racimo vacío en base seca.

Parámetros	Rango	Media
Cenizas (%)	4,8 - 8,7	6,3
Aceite (%)	8,1 - 9,4	8,9
Carbono	42 - 43	42,8
P ₂ O ₅ (%)	0,65 - 0,94	0,8
K ₂ O (%)	2,0 - 3,9	2,9
MgO (%)	0,25 - 0,40	0,3
CaO (%)	0,15 - 0,48	0,25
Boro (mg/kg)	9,0 - 11,0	10
Cobre (mg/kg)	22 - 25	23
Zinc (mg/kg)	49 - 55	51
Hierro (mg/kg)	310 - 595	473
Manganeso (mg/kg)	26 - 71	48
Relación C:N	45 - 64	54

Fuente: Gurmit S. et al., 1999

Adicional a las características anteriormente mencionadas, los racimos vacíos de frutos contienen un valor importante de materia orgánica el cual puede servir como una cubierta orgánica protectora para el suelo (Corley y Tinker, 2003).

En la planta de beneficio integrado, la tusa o racimo vacío pasa primero por un equipo de trituración para disminuir el espacio ocupado por la misma, luego la tusa picada es conducida a un sistema de rodillos de prensado para ser sometida a presión logrando así extraer el aceite residual adherido a la fibra del racimo vacío producto de la separación de los frutos. El material obtenido luego de dicho tratamiento lleva por nombre tusa picada, prensada (TPP). Cuando a la TPP se le aplica los efluentes lleva por nombre TPPI, que significa tusa picada, prensada e impregnada.

B. Características del fruto de *Elaeis guineensis* Jacq.

Drupa de forma ovoide, su tamaño varía de 3 a 5 cm de largo (FAO, 2006), (ver figura 5). Las partes que lo conforman son las siguientes:

- Estigma
- Exocarpo
- Mesocarpo
- Endocarpo
- Endospermo

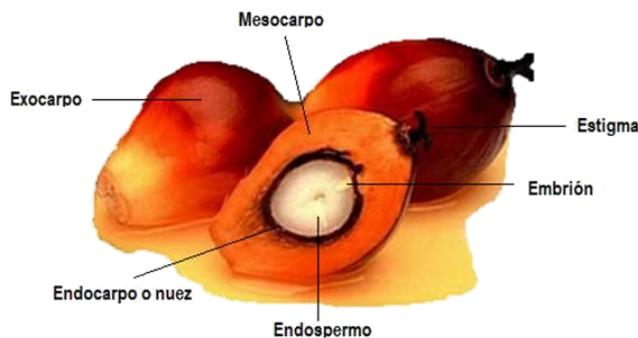


Figura 4. Partes del fruto de la palma africana.

El pericarpio está conformado por el exocarpo y el mesocarpo, y es de donde se extrae la mayor proporción de aceite. El fruto maduro es de color rojo amarillento, con un peso de 10 g con una producción de 20 a 25% de aceite por racimo.

Luego de la extracción del aceite contenido en el mesocarpo, queda fibra que se lleva a la caldera de la planta. Hay momentos en que ya no se requiere de más fibra en la caldera, entonces esta es llevada al área de compostaje para que sea impregnada.

C. Efluentes del beneficiado de aceite de palma (*E. guineensis*)

A la mezcla de todos los desechos líquidos en el proceso de extracción de aceite se llama: Efluente o EPBAP. Están compuestos principalmente por la humedad que se extrae a los racimos de fruto fresco, el agua que se adiciona al proceso de extracción (en estado líquido y como vapor de agua) e impurezas de los racimos de fruto fresco que ingresan al proceso. Los principales puntos de producción de aguas residuales en la PBI (planta de beneficio integrado) son las aguas lodosas provenientes de la clarificación, los condensados de esterilización y los efluentes de los hidrociclones.

Cerón, C (2011) afirma que en el proceso de extracción de aceite de palma es necesaria una cantidad considerable de agua generando así volúmenes altos de aguas residuales, conocidas por sus siglas en inglés como: POME (palm oil mill effluent).

Los efluentes poseen alto contenido de nutrientes, los cuales pueden ser utilizados como fertilizante para reincorporar al suelo. El rendimiento de producción puede llegar a incrementarse hasta en un 24% debido a la aplicación de efluente al cultivo (MA et al. 1990). Además, se ha demostrado una mejora en las propiedades del suelo.

Corley, R y Tinker, P (2003) sugieren que el límite de demanda bioquímica de oxígeno para la descarga de efluentes en fuentes naturales de agua no debe sobrepasar los 100

mg/l y para la aplicación en el suelo es de 5000 mg/l para el caso de Colombia. En el cuadro 4 se muestra el límite máximo permisible de DBO para Guatemala.

Cuadro 4. Límites máximos permisibles para descarga de aguas residuales.

Parámetro	Dimensional	Valor Inicial	02/05/2011	02/05/2015	02/05/2020	02/05/2024
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
DBO	mg/l	500	300	250	150	100

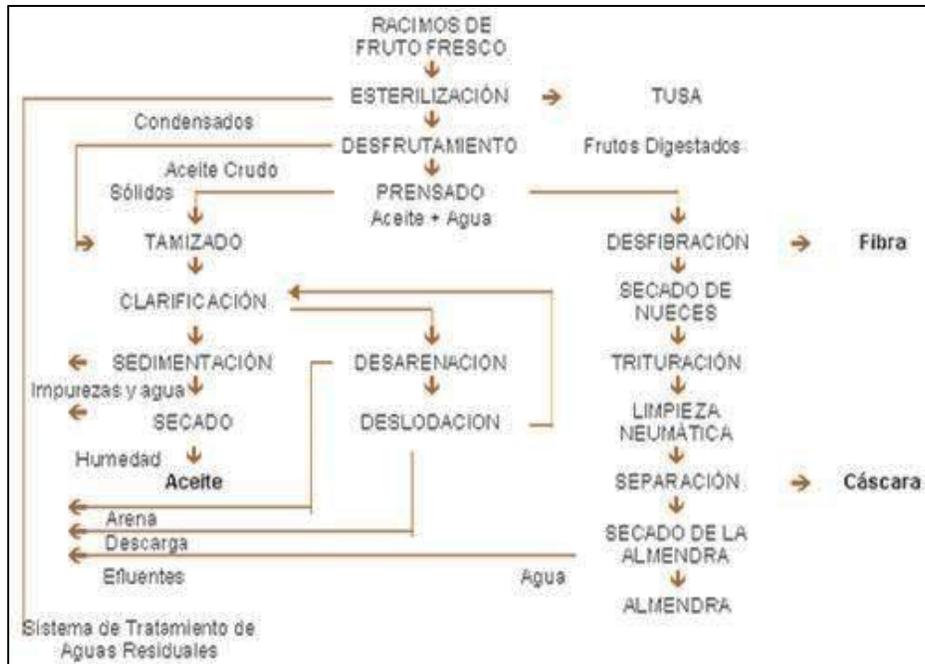
Fuente: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. (MARN, 2006)

Cuadro 5. Características químicas de los efluentes del beneficiado de aceite de palma (*E. guineensis*)

PARÁMETRO	PROMEDIO
Demanda química de oxígeno DQO (mg/l)	39650
Demanda bioquímica de oxígeno DBO (mg/l)	20040
Sólidos totales (mg/l)	31306
Sólidos suspendidos (mg/l)	10500
Sólidos sedimentales (mg/l)	950
Grasas y aceites (mg/l)	4196
Nitrógeno (mg/l)	494
Fosfato (mg/l)	368
Hierro (mg/l)	76
Cobre (mg/l)	2,7
Magnesio (mg/l)	244
Manganeso (mg/l)	2,9
Zinc (mg/l)	4,2
Calcio (mg/l)	149,6
Potasio (mg/l)	1350
pH	4,5

Fuente: Chinchilla y Randall, 1999

En el cuadro 5, se muestran las características químicas de los efluentes del beneficiado de palma (*E. guineensis*), mientras que en la figura 6, se presenta un flujograma del proceso de beneficio integrado de aceite de palma.



Fuente: Chinchilla y Randall, 1999

Figura 5. Proceso de beneficio integrado de aceite de palma.

D. Método de impregnación de la tusa picada, prensada (TPP)

Se le llama impregnación al proceso de aplicar los efluentes a la tusa picada y prensada, utilizando una máquina de volteo llamada Backhus.

El área de impregnación está ubicada a un costado de la PBI (Planta de Beneficio Integrado), consta de 100 metros de largo por 30 metros de ancho, en este lugar se pueden conformar 4 pilas de TPP. Una pila tiene forma de trapecio y sus medidas se especifican en la figura 7.

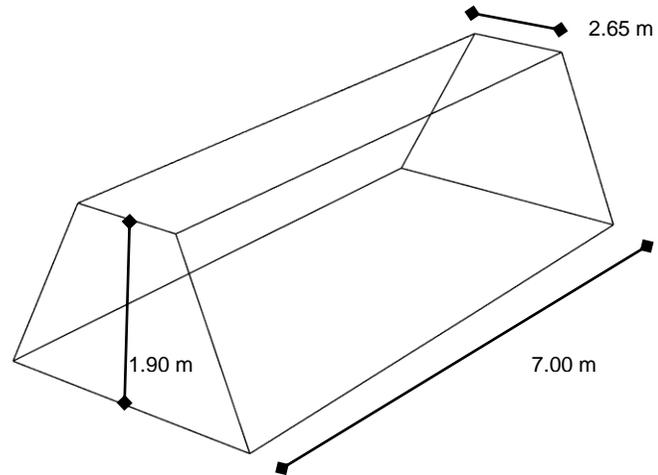


Figura 6. Dimensiones de las pilas de TPPI

En la figura 8, se presenta una fotografía del área de impregnación de la TPP.



Figura 7. Área de Impregnación de la TPP

El método de impregnación comienza con la recepción de la TPP, que proviene de la planta extractora, en el área de impregnación. Luego se apila en los espacios correspondientes para que se pueda regar con la máquina los efluentes.

Un riego consta del movimiento de la Backhus a través de una pila a una velocidad de 0.025 m/s, descargando un promedio de 640 litros por minuto. La Backhus, cuya fotografía se presenta en la figura 9, se alinea al inicio de una pila y tarda 45 minutos en llegar al otro extremo de la pila, gira la máquina y empieza en la pila que se encuentra a la par, es decir que cada riego se aplica a dos pilas en un lapso de 1 hora y 30 minutos.



Figura 8. Operación de la máquina Backhus

Después de haber completado ocho riegos (es el número de riegos que se aplica en la actualidad), se toman las muestras en cada pila para llevar el control de humedad y temperatura con que se trasladará la TPPI a campo, después con la ayuda del paylover se cargan los camiones que llevaran la TPPI al campo. Cada camión tiene una capacidad de 9 toneladas promedio de TPPI que alcanza para la aplicación de 24 palmas con 375 kg cada una. Para completar el método de impregnación de la TPP se utilizan cinco camiones. cinco carretones de tres toneladas de capacidad, cinco tractores agrícolas para

distribución, dos tractores agrícolas para cargar carretones, un operador de la Backhus, una persona de mantenimiento, una persona encargada de supervisión de distribución de TPPI, 10 personas para distribución.

E. Abono orgánico

El abono orgánico se produce cuando la materia orgánica se descompone a través de un proceso aeróbico. Los parámetros del abono, se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Parámetros de abono orgánico

Parámetro	Rango ideal al comienzo	Rango ideal para compost en fase termofílica II	Rango Ideal de Compost Maduro
C:N	25:1-35:1	15:1-20:1	10:1 - 15:1
Humedad	50%-60%	45%-55%	30% - 40%
pH	6.5-8.0	6,0-8,5	6,5 - 8,5
Temperatura	45-60 °C	45 °C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Nitrógeno total	2.5-3%	1-2%	1%

Fuente: Román et al., 2013.

La combinación de microorganismos, agua, oxígeno y calor hacen posible dicha descomposición y se transforma. El producto final se obtiene entre 45 a 60 días.

La elaboración de abono orgánico en palma de aceite se realiza mediante los racimos vacíos de palma de aceite (tusa) mezclados con efluentes y otros desechos del proceso de extracción de aceite. La alta cantidad de microorganismos provenientes de los efluentes aportan al proceso de descomposición, en donde participan diversos tipos de bacterias y hongos, descomponiendo los racimos y generando nutrientes.

Para obtener un abono de calidad se debe seleccionar las materias primas con base en: Relación Carbono: Nitrógeno (C/N), humedad, porosidad, determinando el volumen a usar de cada material, monitoreando y controlando la temperatura, oxígeno, humedad.

La principal diferencia entre el proceso de compostaje, y el proceso de descomposición que se da de manera natural en el medio ambiente, es que el hombre ejerce control sobre dicho proceso.

Los factores que se debe tener un control son:

- Temperatura
- Humedad
- Aireación
- Balance de nutrientes
- pH
- Microorganismos

El uso de efluentes para elaborar abono ofrece un reciclaje de nutrientes, mejora en calidad de producto final, disminución de uso de lagunas y con ello se disminuyen los impactos ambientales.

En el cuadro 7, se presenta el aporte nutricional promedio de los subproductos de la palma, utilizados como abono orgánico.

Cuadro 7. Aporte nutricional promedio de los subproductos en abono orgánico

PARÁMETROS	LODO DE LAGUNAS	RAQUIS DE PALMA	LODO DECANTER	TIERRA TONSIL
Humedad %	89.20	72.990	77.500	14.370
Materia orgánica %	7.70	24.530	18.950	42.520
Carbano orgánico %	4.23	13.490	10.420	23.390
Relación C/N	0.77	16.710	4.510	143.740
Ph	7.13	6.440	4.810	3.310
Nitrógeno %	5.481	0.808	2.311	0.163
Fósforo %	1.537	0.181	0.434	0.256
Potasio %	1.501	2.320	0.909	0.557
Calcio %	1.580	0.259	0.871	0.030
Magnesio %	0.920	0.189	0.389	0.951
Azufre %	2.140	1.869	1.400	1.901
Hierro ppm	11.70	529.190	3.270.31	13.295.22
Manganeso ppm	397.07	29.010	71.11	278.30
Cobre ppm	190.00	14.000	80.11	10.94
Zinc ppm	147.01	32.010	43.00	42.79
Boro ppm	49.04	22.000	27.00	20.89

Fuente: Calvache, H. 2011

F. Humedad

Determina las condiciones para una buena actividad y reproducción microbológica durante el proceso de degradación de la materia orgánica. En el proceso biológico de descomposición de materia orgánica, el agua es importante para el transporte de las enzimas y los nutrientes para los microorganismos, además de facilitar los intercambios gaseosos. (Perraud-Gaime y Roussos, 1996).

El aire y el agua ocupan los poros situados entre las partículas del material sólido utilizado para la degradación, cuando los poros son saturados con agua no se permite la circulación del oxígeno y se da lugar a otro proceso llamado fermentación (anaerobio). Por otro lado, la actividad microbiana disminuye cuando hay poca agua entre las partículas por lo tanto la velocidad del proceso de descomposición decrece (Haug, 1993). Por lo tanto la degradación de la materia orgánica depende del adecuado manejo de la humedad.

La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacio libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno (Moreno, J y Moral, R, 2007).

G. Temperatura

Durante el proceso de degradación, la temperatura de la materia orgánica, sufre alteraciones debido a la interacción de diferentes grupos de microorganismos. La mayoría de los microorganismos se desarrollan a temperaturas entre 35 y 55 °C. Al alcanzar temperaturas entre 60 – 70 C, se garantiza la eliminación de semillas de malezas y muchos patógenos que están presentes en el material al momento de compostar (Lopez ,1995).

Al inicio del proceso, el material se encuentra a temperatura ambiente. En la primera etapa denominada mesofílica, se da un calentamiento gradual debido a la biodegradación del sustrato, los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y la temperatura se eleva hasta valores promedio de 45 °C. Durante este período se descomponen compuestos como azúcares, almidones y grasas.

Cuando la temperatura alcanza los 60 °C, se presenta la etapa termofílica, en ella la actividad de los hongos cesa y la descomposición es llevada a cabo por los actinomicetos y las cepas de bacterias que forman esporas. La velocidad de descomposición se modera y se alcanza el máximo de temperatura. En esta etapa se degradan ceras, proteínas, hemicelulosas y algo de lignina y celulosa.

Luego la temperatura desciende gradualmente hasta casi nivelarse con la temperatura ambiente, bajo estas condiciones, los hongos termofílicos que sobrevivieron a las temperaturas más calientes de la pila realizan la degradación de la celulosa.

H. Relación Carbono/Nitrógeno

Los microorganismos requieren de carbono como fuente de energía mediante las reacciones de óxido-reducción, y es expulsado de la célula como CO₂ como parte de su proceso de respiración. También requieren de nitrógeno en su estado elemental para el ensamble de proteínas y otros constituyentes del protoplasma celular (Uribe, J et al, 2001).

Por lo general, la relación adecuada es de 30:1. Es decir, los microorganismos utilizan 30 partes de carbono por una de nitrógeno por lo que una relación de 25:1 a 35:1 se considera óptima (Jhorar et al, 1991).

La relación C/N es un importante factor que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos. Para eliminar el exceso de CO₂ es necesaria la aparición sucesiva de diversos microorganismos.

Al cumplir su ciclo de vida de estos microorganismos, el nitrógeno contenido en su biomasa se recicla y la relación C/N tiende a disminuir. Si el residuo tiene una alta relación C/N, pero la materia orgánica es poco biodegradable, la relación C/N disponible realmente para los microorganismos es menor y el proceso evolucionará rápidamente, pero afectará sólo a una proporción de la masa total.

Si la relación C/N es muy baja el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso. La relación C/N ideal para un abono totalmente maduro es cercana a 10, similar a la del humus.

En la práctica, se suele considerar que un abono es suficientemente estable o maduro cuando $C/N < 20$ aunque esta es una condición necesaria pero no suficiente. Si los productos que se compostan poseen una relación C/N de 18 o 19:1, la descomposición se lleva a cabo con mayor rapidez (Golueke et al, 1987), pero se desprende como amoníaco el exceso de N, produciéndose una autorregulación de la relación C/N (Jhorar et al, 1991).

Estas pérdidas, si bien no afectan negativamente al compostaje, suponen un derroche, porque el N es el nutriente fundamental para los cultivos, así como un problema medioambiental ya que el amoníaco es un gas con un considerable efecto invernadero. Al tener la relación C/N una gran dependencia de la riqueza inicial de N, un valor concreto de C/N no refleja el estado de madurez de un compost, por lo que es más indicado seguir la evolución de C/N del proceso o calcular la diferencia entre los valores iniciales y finales.

I. Potencial de Hidrógeno

El pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones H^+ disueltos en una solución, un pH inferior a 7 indica que una solución es ácida y un pH superior que es alcalina. Es conveniente que el material sea lo más neutro posible porque los microorganismos responsables de la descomposición de los restos orgánicos no toleran valores muy alejados del 7. Si esto se produjese, el proceso de compostaje se detendría o se ralentizaría notablemente (Sánchez-Monedero, 2001).

Un pH ácido indicarán condiciones anaerobias y pH muy alto está relacionado con el contenido en nitrógeno amoniacal y carbonatos solubles.

J. Densidad aparente

Este parámetro está muy relacionado con la capacidad de retención de agua (CRA). La CRA en un abono debe mejorar la conservación de humedad del suelo y la tasa de

infiltración de agua. La materia orgánica que aporta el abono puede influir en la capacidad de retención de agua del mismo. La composición de la materia orgánica ejerce una acción favorable sobre la agrupación de partículas en agregados de tamaño medio, lo cual permite una buena circulación de agua y de aire, obteniéndose un aumento de la permeabilidad, de la capacidad de retención de agua y una menor cohesión de las partículas.

La materia orgánica puede retener un peso de agua superior al suyo propio por la densidad aparente baja y su elevada porosidad. Por tanto la CRA debe ser mayor o igual a 1.5 ml/g de biomasa considerada. Al aumentar la porosidad, la densidad aparente tiende a disminuir al final del proceso siendo otro de los aspectos físicos que define a un compost maduro, ya que muestra su capacidad para mejorar la eficiencia de absorción, aireación y estructura del suelo confiriéndole mayor estabilidad (Uribe, J et al, 2001).

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de degradación, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta a 600-700 kg/m³.

K. Requerimientos nutricionales de *Elaeis guineensis* Jacq.

La demanda de nutrientes depende de la edad de las palmas, del material genético, tipo de suelo, cobertura vegetal y de factores climáticos. Para determinar el plan de fertilización a seguir, es importante tomar en cuenta tres criterios: la demanda de nutrientes para llevar la concentración óptima al área foliar, la cantidad de nutrientes requerida para compensar lo contenido en los racimos cosechados y la eficiencia de los fertilizantes (Munévar, 2001).

Por esta razón es aconsejable referirse a los rangos de concentración foliar de nutrientes asociados con un estado nutricional (deficiente, óptimo y excesivo) en lugar de un solo

valor crítico. Los rangos óptimos foliares de la palma de aceite se encuentran descritos en el cuadro 8.

Cuadro 8. Rangos óptimos de nutrientes en *Elaeis guineensis*.

Elemento	Rango óptimo
N (%)	2.6 - 2.9
P (%)	0.16 - 0.19
K (%)	1.1 - 1.3
Ca (%)	0.5 - 0.7
Mg (%)	0.20 - 0.25
S (%)	0.3 - 0.40
B (ppm)	15.0 - 25.0
Fe (ppm)}	60.0 - 200.0
Mn (ppm)	100.0 - 200.0
Zn (ppm)	12.0 - 18.0
Cu (ppm)	12.0 - 18.0

Fuente: Foster, 2003

El nitrógeno afecta la emisión de hojas, el contenido de clorofila y la tasa de asimilación neta, se requiere en cantidades considerables en los suelos arenosos y mal drenados. El contenido de nitrógeno en el suelo debe ser entre 0.1 %-0.4% y tener entre 0.5%-3.0% de carbono (Owen, E 2011).

El fósforo es necesario para el adecuado desarrollo del sistema radicular y aumentar la tasa de crecimiento. El potasio estimula la floración, aumenta el número de racimos por palma y el peso promedio del racimo. El contenido de K no debe ser menor a 0.15 meq/100 g. Además del contenido alto de potasio es ventajoso que los suelos tengan una relación Mg/K menor a 4, para palmas jóvenes y Mg/K menor a 2 para palmas adultas. (Bernal, F 2005). En menor cantidad, las palmas requieren de magnesio, calcio, azufre y boro.

Según recomendaciones del asesor de NAISA, el Dr. Munévar, el objetivo principal de la impregnación es el aprovechamiento del potasio. Se ha estimado que por cada 45 toneladas de fibra se está llevando a campo 7 kilogramos de potasio.

2.2.2 Marco Referencial

A. Localización del experimento

En la figura 10, se muestra la localización del experimento, dentro del área de impregnación de fibra, anteriormente llamada compostera, de la planta de beneficio integral de la empresa Nacional Agro Industrial, S. A.

La empresa, está ubicada en el Km. 367, aldea Las Camelias del municipio de Sayaxché, departamento de El Petén, Guatemala a una Latitud de 16.516° y Altitud de 90.16°.

Sayaxché colinda al Norte con el municipio de La Libertad; al Sur con Chisec y Raxuhá del departamento de Alta Verapaz; al Este con San Francisco, Dolores, Poptún y San Luis, El Petén y al Oeste con Ocosingo, Chiapas, México.

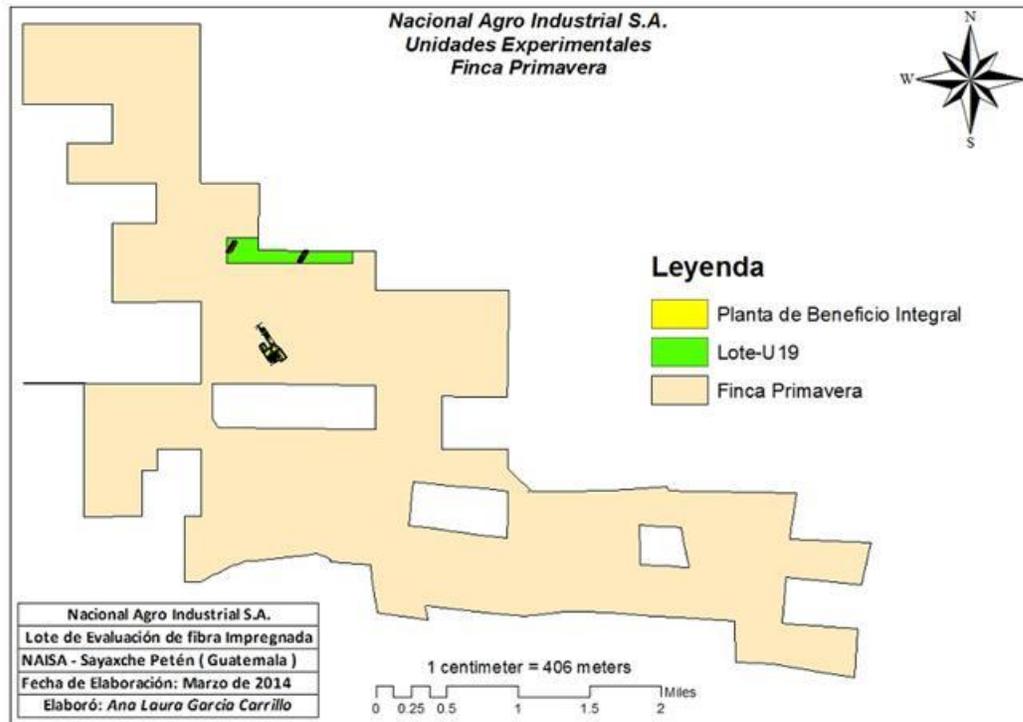


Figura 9. Localización del experimento.

B. Condiciones Climáticas

El clima es sub-tropical cálido y húmedo. Se caracteriza como tropical húmedo con época larga de lluvia y con época seca que dura entre diciembre y mayo. Según la clasificación de Thornthwaite se encuentra el clima A'Bb'r el cual indica que es cálido, húmedo con invierno benigno, sin estación seca bien definida (Obiols 1975).

La temperatura media mensual varía entre 23 grados en los meses de diciembre y enero y 32 en el mes de mayo. Las temperaturas máximas medias varían entre 30 y 45 °C, y las mínimas entre 17 y 23 °C. Aunque no se han presentado heladas, en algunas ocasiones se han registrado las precipitaciones de granizo en ciertas partes del municipio.

C. Clasificación de suelos

En el área de El Petén, la mayoría de los suelos son arcillosos y la infiltración es lenta por lo que tiende a formarse lagunetas y pantanos.

La clasificación de los suelos de Sayaxché se agrupan en seis series, según Simmons, Tarano y Pinto: Yaxchá, Chapaval, Sarstún, Usumacinta, Chacalté y Petexbatún.

D. Zonas de vida

La zona de vida en esta región es correspondiente a bosque húmedo subtropical (Cálido), la elevación varía de 80 a 1600 msnm, suelos poco fértiles por lo tanto la agricultura no es diversificada. La precipitación promedio anual es de 2000 mm.

E. Indicadores de producción de subproductos de la PBI

Los indicadores de la Planta de Beneficio Integral para los cálculos de volúmenes de subproductos utilizados en la impregnación se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Indicadores de producción de fibra, efluentes y lodos de la PBI

INDICADOR	CANTIDAD
Fibra obtenida de la PBI	0.18-0.20 T/T RFF
Lodos	0.65 m ³ /T RFF
Densidad de efluentes	0.98 g/cm ³

F. Propiedades químicas de los efluentes obtenidos de la PBI

Las propiedades químicas promedio de los efluentes que se obtienen en la planta de beneficio integral se detallan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis químico de efluentes de la PBI

NUTRIENTE	EF-6-2	Rangos Aceptables
N-total (mg/l)	0,28	0,00-15,00
P (mg/l)	419,08	0,00-2,00
K (mg/l)	4544	0,00-2,00
Ca (mg/l)	996	0,00-400,00
Mg (mg/l)	552	0,00-61,00
SO4 (mg/l)	1058,73	0,00-961,00
Na (mg/l)	318	0,00-920,00
Fe (mg/l)	350	0,00-5,00
Cu (mg/l)	0,46	0,00-0,20
Mn (mg/l)	10,8	0,00-0,20
Zn (mg/l)	1,66	0,00-2,00
B (mg/l)	8,93	0,00-1,00
CO3 (mg/l)	0	0,00-3,00

HCO ₃ (mg/l)	3050	0,00-610,00
Cl ⁻ (mg/l)	20	0,00-1063,00
M.O. (%)	8,53	
pH	5,56	6,00-8,50
C.E.	12,3	0,00-3,00
Cont. Total de sales (mg/l)	7,87	< 10
Dureza	476,42	
RAS	2,02	0,00-15,00
C/N	17,71	

Fuente: Elaborados a partir de datos propiedad de NAISA, 2013

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Cuantificar el volumen de efluentes para impregnar la TPP que proporcione las características adecuadas para ser utilizado como abono orgánico en el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*) en Sayaxché, El Petén.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Medir el porcentaje de humedad de la TPPI antes de ser trasladada a campo.
2. Determinar la relación C:N que contiene TPPI antes de ser trasladada a campo

3. Determinar la composición química de la TPPI después de haberla aplicado en campo.

2.4 HIPÓTESIS

Un volumen de 0.32 m^3 de efluentes/ m^3 de TPP, permite que la TPPI obtenga las características físicas y químicas adecuadas para ser utilizada como abono orgánico en el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis*).

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Tratamientos

Se realizaron las evaluaciones de las características de la TPPI en 5 tratamientos, descritos en el cuadro 11, y se realizaron 3 repeticiones de cada uno.

Cuadro 11. Descripción de los tratamientos para la evaluación de la TPPI

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	0.21 m^3 efluentes/ m^3 de TPP (4 riegos)
T2	0.27 m^3 efluentes/ m^3 de TPP (5 riegos)
T3	0.32 m^3 efluentes/ m^3 de TPP (6 riegos)
T4	0.37 m^3 efluentes/ m^3 de TPP (7 riegos)

2.5.2 Unidad Experimental

Consistió en un área de 100 m de largo por 30 m de ancho, lo cual se realizó en el área de Impregnación y tiene la capacidad de albergar 4 pilas de TPPI de 70 m de longitud promedio (ver figura 11)



Figura 10. Área de Impregnación de TPP

2.5.3 Variables de respuesta determinadas en la TPPI antes de ir a campo.

- Humedad en %
- Densidad en g/cm^3
- Relación C:N
- pH

A. Determinación del porcentaje de Humedad

- a. Las muestras para la determinación del porcentaje de humedad se tomaron en el área de impregnación en tres pilas diferentes de cada tratamiento (ver figura 42A)
- b. Se realizó un orificio de 70 cm de profundidad en cada extremo de la pila y otro en la parte media, (ver figura 12).

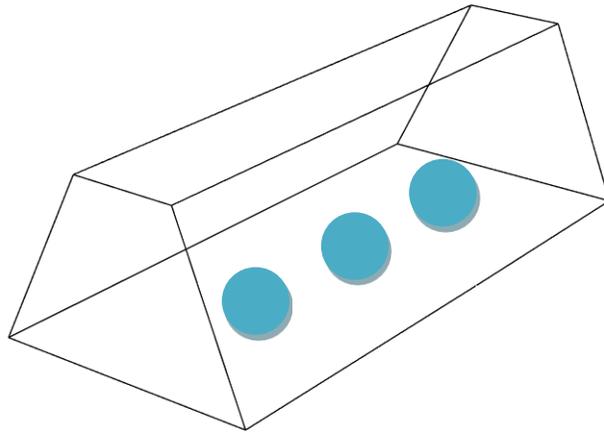


Figura 11. Puntos de muestreo para evaluar % de humedad en las pilas de TPPI

- c. Se tomaron 100 gramos de TPPI en cada punto de muestreo, y se empacaron en una bolsa de polietileno transparente, se anotó en ella el tratamiento y repetición para ser llevado a laboratorio (ver figura 46A)
- d. En el laboratorio de sanidad vegetal, se secó cada muestra por separado en un horno microondas por 6 minutos a una potencia de 8 o hasta que el peso fue constante. Después se pesó y se anotó el resultado en el formato correspondiente. (ver anexos).
- e. Se utilizó la siguiente fórmula con los datos obtenidos para cada muestra para determinar el porcentaje de humedad promedio para la pila en estudio:

$$\% \text{ de Humedad: } \frac{(Peso\ inicial_1 - Peso\ final_1) + (Peso\ inicial_2 - Peso\ final_2) + (Peso\ inicial_3 - Peso\ final_3)}{3}$$

- f. Los resultados fueron anotados en el formato correspondiente.

B. Densidad

- a. Se tomó una muestra de TPPI por cada repetición.
- b. Se taró un beacker de 500 cm³.
- c. Se colocó la muestra dentro del beacker hasta que ésta ocupara el volumen total de éste.
- d. Se determinó nuevamente la masa del beacker con la muestra de TPPI (ver figura 39A).
- e. Se determinó la masa de la muestra de TPPI por diferencia.
- f. Se determinó la densidad al dividir la masa de TPPI entre el volumen de esta muestra.

C. Relación Carbono/Nitrógeno y pH

- a. Se tomaron de cada pila tres submuestras de aproximadamente 250 gramos en tres diferentes puntos a una profundidad de 70 cm (ver figura 12).
- b. Se homogenizaron las tres submuestras, luego se pesaron 500 gramos y se empacó en una bolsa de polietileno transparente de 2 libras de capacidad.
- c. Por último, se etiquetó la bolsa para ser enviada a un laboratorio externo para su respectivo análisis.

2.5.4 Variables de respuesta determinadas en la TPPI en campo

- Relación C/N
- pH
- Concentración de macroelementos en porcentaje (N, P, K)
- Concentración de microelementos en meq/100g (B, Cu, Fe, Zn, Mn, Mg, Ca).

A. Ubicación de los tratamientos en campo

- a. Se delimitaron e identificaron cinco palmas por línea y por repetición de palma en el lote L34 de la finca Primavera, cada línea correspondía a cada tratamiento y constó de 19 palmas (ver figura 13).
- b. Las 19 palmas conformaron una repetición y no se tomó en cuenta una palma entre repeticiones así las palmas de los bordes.
- c. Se aplicaron 1,875 kg de TPPI distribuido en 5 palmas (375 kg/palma) por cada repetición de cada tratamiento (ver figura 40A, 41A y 43A)

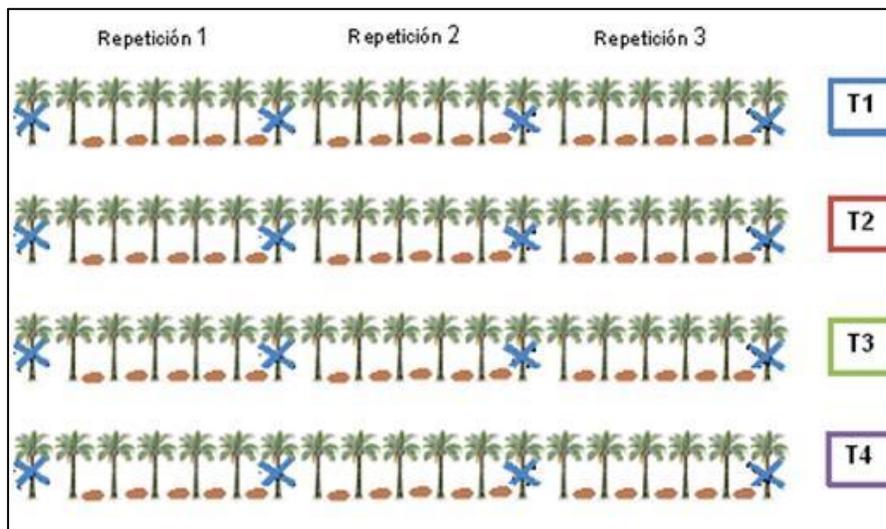


Figura 12. Croquis de campo para la evaluación de la fertilidad de la TPPI

2.5.5 Recolección de muestras

A los 45 días después de la aplicación de la TPPI, se tomó una muestra compuesta de las 5 palmas (500 g) (ver figura 44A y 47A), se empacó y etiquetó en bolsa de polietileno transparente y fue enviado a un laboratorio externo para la evaluación de las variables correspondientes.

2.5.6 Análisis de información

Se realizó estadística descriptiva para la evaluación de las variables físicas y químicas consideradas. Se determinó la media aritmética para la variable porcentaje de humedad.

Para las variables relacionadas con la composición química de la TPPI se realizó una comparación entre los requerimientos nutricionales teóricos de la palma de aceite y las medias aritméticas de cada elemento por tratamiento.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Resultados determinados en la TPPI antes de ir a campo

A. Determinación del Porcentaje de humedad de la TPPI

Los datos de humedad obtenidos por cada tratamiento se describen en el cuadro 12 y figura 14.

Cuadro 12. Porcentaje de humedad promedio de la TPPI

Tratamiento	Fecha	Repetición	Peso final (g)			Humedad (%)	Humedad Promedio
			Punto 1	Punto 2	Punto 3		
1	15/07/2014	1	72	66	66	68.00	66.89
	15/08/2014	2	65	68	64	65.67	
	17/11/2014	3	67	65	69	67.00	
2	15/07/2014	1	73	72	68	71.00	68.00
	15/08/2014	2	67	64	65	65.33	
	17/11/2014	3	66	68	69	67.67	
3	15/07/2014	1	73	70	70	71.00	71.67
	15/08/2014	2	71	71	75	72.33	
	17/11/2014	3	70	73	72	71.67	
4	15/07/2014	1	74	75	73	74.00	70.11
	2108/2014	2	65	65	67	65.67	
	17/11/2014	3	68	70	74	70.67	

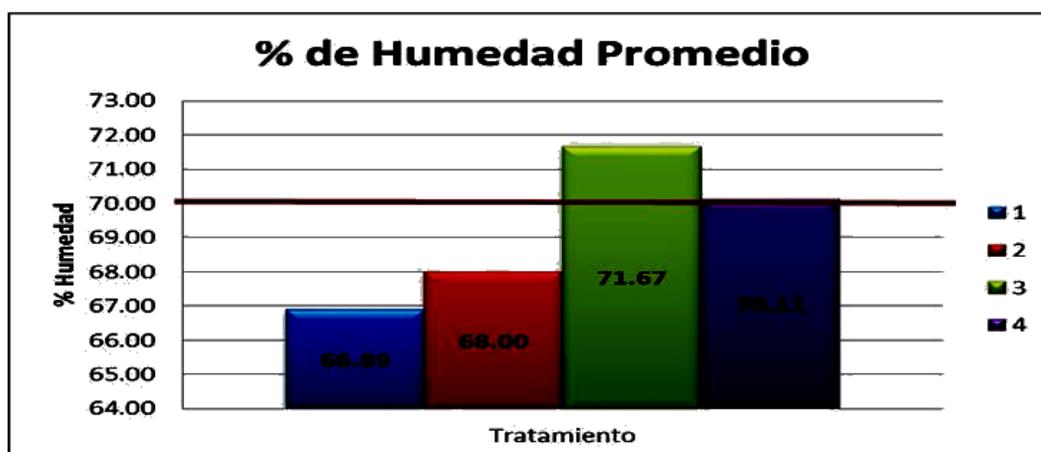


Figura 13. Gráfica del porcentaje de humedad promedio de la TPPI.

aplicar 0.32 m^3 efluentes/ m^3 de TPP alcanza la máxima capacidad de absorción de efluentes, por lo que al impregnar la TPP por encima de este volumen no se consigue aumentar el % de humedad, debido a que el material se encuentra saturado.

Para estimular la degradación de la TPPI y hacer disponibles los nutrientes contenidos en ella, los efluentes no deben ocupar todo el espacio poroso para permitir los procesos aeróbicos por lo que la humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70% (Moreno y Moral, 2007). El tratamiento número cuatro se encuentra en el óptimo pero implica la aplicación de 0.37 m^3 efluentes/ m^3 de TPP (equivalente a 7 riegos) en comparación al tratamiento dos que se encuentra muy cercano al óptimo e implica un menor gasto de horas máquina al requerir únicamente cinco riegos. Según la humedad el tratamiento tres presenta una humeada por arriba del rango óptimo.

B. Densidad

La densidad calculada para cada tratamiento se detalla en el cuadro 13.

Cuadro 13. Densidad de la TPPI de los materiales antes de su aplicación en campo

Tratamiento	Repetición	Peso (g)	Volumen (cm^3)	Densidad (g/cm^3)
1	1	169	500	0.34
	2	179	500	0.36
	3	171	500	0.34
Promedio				0.35
2	1	179	500	0.36
	2	170	500	0.34
	3	169	500	0.34
Promedio				0.35
3	1	166	500	0.33
	2	171	500	0.34
	3	168	500	0.34
Promedio				0.34
4	1	170	500	0.34
	2	174	500	0.35
	3	181	500	0.36
Promedio				0.35

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³ (FAO, 2006).

C. Relación C/N

Antes de aplicar en campo la TPPI se realizó el muestreo para obtener los datos de relación carbono/nitrógeno por cada tratamiento. Los resultados reportados por el laboratorio externo se describen en el cuadro 14.

Cuadro 14. Resultados de relación carbono/nitrógeno y pH de los materiales antes de su aplicación en campo.

Tratamiento	Repetición	C:N	pH
1	1	63.5 :1	7.9
	2	55.3 :1	7.7
	3	41.5 :1	8.0
Promedio		53.45 :1	7.87
2	1	50.5 :1	8.4
	2	57.8 :1	7.5
	3	62.9 :1	8.1
Promedio		57.05 :1	8.00
3	1	42.4 :1	7.7
	2	44.3 :1	8.1
	3	54.6 :1	7.8
Promedio		47.08 :1	7.87
4	1	55.6 :1	7.8
	2	47.8 :1	7.8
	3	44.8 :1	8.1
Promedio		49.41 :1	7.90

Una relación C/N que se encuentre entre el rango 10:1 a 15:1 refleja que el abono orgánico se encuentra en estado maduro (Golueke y Diaz, 1987). Según los resultados obtenidos ningún tratamiento se encuentra dentro del rango aceptable para ser aplicado en campo.

Como los promedios de la relación C/N es mayor a 40, esto indica que la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono por consiguiente el proceso se vuelve lento, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos por lo que se deduce que la población microbiana debe buscar una fuente de nitrógeno cuando la TPPI sea aplicada en campo y esto no es nada favorable para el suelo ya que la TPPI empobrecerá su contenido de N.

D. Potencial de hidrógeno

Antes de aplicar en campo la TPPI se realizó el muestreo para obtener los datos de pH por cada tratamiento. Los resultados enviados por el laboratorio externo se pueden ver en la figura 36A y el promedio de la variable en el cuadro 15.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo de microorganismos tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6.0-7.5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5.5-8.0. El rango ideal es de 5.8 a 7.2 (Golueke y Diaz, 1987).

Al inicio del proceso de degradación, los pH debieron estar entre el rango ácido pero como a la TPPI no se le dieron las condiciones ni manejo adecuado para la obtención de compost, la actividad fúngica no fue activada al inicio de dicho proceso.

Cuadro 15. Resultados de Relación carbono/nitrógeno y pH de los materiales después de la aplicación de campo.

Tratamiento	Repetición	C:N	pH
1	1	62.7 :1	8.9
	2	46.1 :1	9.2
	3	29.3 :1	9
Promedio		46.0 :1	9.03
2	1	61.9 :1	9.6
	2	41.5 :1	9.1
	3	40.4 :1	9.3
Promedio		48.0 :1	9.33
3	1	52.9 :1	8.9
	2	42.9 :1	9.3
	3	44.3 :1	9.2
Promedio		46.7 :1	9.13
4	1	18.5 :1	8.8
	2	25.1 :1	9.1
	3	26.3 :1	9.3
Promedio		23.3 :1	9.07

2.6.2 Resultados determinados de la TPPI en campo

Según análisis de laboratorio (ver figura 37A), los promedios de las variables estudiadas en la TPPI después de haber sido aplicado en campo se resumen en el cuadro 16 para las concentraciones de cada elemento estudiado, pH y relación C/N.

Cuadro 16. Resultados del análisis químico de la TPPI en campo.

Tratamiento	Repetición	%					ppm						%		C:N	pH	
		P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	B	C.O	NT			
1	1	0.03	0.75	0.38	0.12	0.02	10	10	260	10	800	8.8	38.22	0.61	62.7	:1	8.9
	2	0.03	1.06	0.31	0.16	0.04	10	15	295	5	1150	16.1	37.83	0.82	46.1	:1	9.2
	3	0.06	0.69	0.50	0.24	0.06	15	20	665	25	100	13.7	42.12	1.44	29.3	:1	9
Promedio		0.04	0.83	0.40	0.17	0.04	11.7	15	407	13	683	12.9	39.39	0.96	46.0	:1	9.03
2	1	0.04	0.81	0.38	0.17	0.04	10	15	380	1	150	10.2	42.12	0.68	61.9	:1	9.6
	2	0.04	0.63	0.38	0.16	0.09	15	15	415	1	900	9.6	45.24	1.09	41.5	:1	9.1
	3	0.04	0.63	0.38	0.16	0.09	10	15	380	5	800	13.8	43.68	1.08	40.4	:1	9.3
Promedio		0.04	0.69	0.38	0.16	0.07	11.7	15	392	2	617	11.2	43.68	0.95	48.0	:1	9.33
3	1	0.05	0.88	0.50	0.20	0.06	20	20	590	5	1050	10.7	44.46	0.84	52.9	:1	8.9
	2	0.04	0.81	0.38	0.18	0.05	15	15	425	1	950	11.7	46.80	1.09	42.9	:1	9.3
	3	0.03	0.69	0.38	0.16	0.04	15	10	335	1	900	11.2	46.02	1.04	44.3	:1	9.2
Promedio		0.04	0.79	0.42	0.18	0.05	16.7	15	450	2	967	11.2	45.76	0.99	46.7	:1	9.13
4	1	0.22	1.19	1.00	0.41	0.16	35	35	1300	45	125	20.0	42.12	2.28	18.5	:1	8.8
	2	0.27	1.94	1.00	0.46	0.17	35	35	1350	55	185	26.8	43.68	1.74	25.1	:1	9.1
	3	0.18	1.25	0.69	0.36	0.11	25	25	1050	50	105	22.4	42.12	1.60	26.3	:1	9.3
Promedio		0.22	1.46	0.90	0.41	0.15	31.7	31.7	1233	50	138	23.1	42.64	1.87	23.3	:1	9.07

Fuente: Laboratorio "Salvador Castillo Orellana", FAUSAC, 2014

Según Calvache (2011), un abono orgánico ha alcanzado su estado maduro o estable si su relación carbono/nitrógeno se encuentra dentro del rango 15:1 a 30:1. El tratamiento 1, 2 y 3 se encuentran por encima de este rango. En el tratamiento 4, se obtuvo una relación promedio de 23.3:1, en el cual se podría decir que la TPPI alcanzó su estabilidad esto se puede deber a que este tratamiento corresponde al tratamiento con mayor volumen de efluentes impregnado es decir con mayor fuente de nitrógeno.

La relación C/N es un factor importante que está directamente relacionado con la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el proceso de degradación; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos. Para eliminar el exceso de carbono (en forma de anhídrido carbónico) es necesaria la aparición sucesiva de diversas especies microbianas. Al morir estos microorganismos el nitrógeno contenido en su biomasa se recicla y la relación C/N tiende a disminuir.

En un abono orgánico terminado, el pH puede estar entre 8 y 9 debido a las pérdidas de CO₂ por la respiración de los microorganismos. (Sundberg, 2003). En todos los tratamientos evaluados el pH se encuentra cercano a 9, y siendo el pH neutro o cercano a la neutralidad un indicador del proceso de descomposición de la materia orgánica, se considera que al momento de la evaluación en campo, la TPPI aún no tiene el tiempo necesario para que pH se haya estabilizado.

En el tratamiento 1, 2 y 3; los resultados obtenidos para los macroelementos, Ca, B, Mn, Cu, Zn, S y Mg se encuentran por debajo del rango óptimo que se requiere para la palma de aceite. El Fe, es el único elemento que se encuentra por encima del óptimo. En el tratamiento 4, los resultados obtenidos para los elementos N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, y Fe se encuentran por encima del rango óptimo que se requiere en la palma de aceite. Las concentraciones de S y B se encuentran dentro del rango óptimo y el Mn por debajo. (Ver cuadro 6)

El tratamiento que presenta las condiciones más cercanas a las adecuadas es el tratamiento 4. Según las concentraciones de nutrientes es éste tratamiento (4) el que cubre con la mayoría de requerimientos pero es necesario prestar más atención al balance entre nutrientes que al manejo individual de ellos (ver cuadro 17). Los niveles adecuados de balance de nutrientes en el área foliar se encuentran en los siguientes rangos: N/K menor de 2.3; Ca/K menor de 0.55; Ca/Mg menor de 2.3; y (K+Mg)/Ca mayor de 2.3. (Calvache, 2011).

Cuadro 17. Cálculo de balance de nutrientes en la TPPI según cada tratamiento.

Tratamiento	Repetición	(K+Mg)/Ca	Ca/Mg	Ca/K	N/K
1	1	2.29	3.17	0.51	0.81
	2	3.94	1.94	0.29	0.77
	3	1.86	2.08	0.72	2.09
Promedio		2.69	2.40	0.51	1.22
2	1	2.58	2.24	0.47	0.84
	2	2.08	2.38	0.60	1.73
	3	2.08	2.38	0.60	1.71
Promedio		2.25	2.33	0.56	1.43
3	1	2.16	2.50	0.57	0.95
	2	2.61	2.11	0.47	1.35
	3	2.24	2.38	0.55	1.51
Promedio		2.33	2.33	0.53	1.27
4	1	1.60	2.44	0.84	1.92
	2	2.40	2.17	0.52	0.90
	3	2.33	1.92	0.55	1.28
Promedio		2.11	2.18	0.64	1.36

Fuente: laboratorio "Salvador Castillo Orellana", FAUSAC, 2014.

Según el cálculo del balance de nutrientes ningún tratamiento tiene balanceada todas las relaciones de nutrientes por lo que para lograr las relaciones adecuadas, se debe manejar de manera integral la fertilización en cuanto a dosis, fuentes, épocas y sitios de aplicación de los nutrientes. (Calvache, 2011).

2.7 CONCLUSIONES

1. El tratamiento dos (0.27 m³ efluentes/m³ de TPP) alcanza una humedad promedio de 68% por lo que se concluye que en base al rango óptimo de humedad se recomienda dicho tratamiento ya que esto implica también un menor gasto en horas máquina.
2. Después de la impregnación de la TPPI ningún tratamiento obtiene las condiciones adecuadas para ser aplicado en campo como abono orgánico para la palma de aceite. Sin embargo después de aplicado en campo la TPPI que se le impregnó un volumen de 0.37 m³ de efluentes/m³ de TPP presenta las condiciones más cercanas a las adecuadas de un abono orgánico.
3. La relación carbono/nitrógeno de la TPPI después de aplicada en campo está por encima del óptimo en los tratamientos 1-3. Con la impregnación de un volumen de 0.37 m³ de efluentes/m³ de TPP, correspondiente al tratamiento 4, provee la cantidad necesaria de N para la adecuada actividad microbiana (Relación 23:1).
4. Los resultados de pH en el análisis químico en la TPPI son cercanos a 6-7.5, antes de ser llevado a campo, y después de aplicado en campo son alcalinos esto puede ser debido a una reducción de la actividad microbiana ya que al material no se le dio un manejo controlado.
5. La TPPI desde el punto de vista nutricional puede ser empleado como un apoyo al programa anual de fertilización química para el cultivo; no obstante, su uso no debe ser el único para suplir los requerimientos nutricionales de la palma y se debe utilizar una fertilización que incluya ambas formas para mejorar las características del suelo y proveer a la planta sus requerimientos nutricionales.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aplicar la TPPI para mejorar la estructura del suelo y promover el crecimiento radicular de la palma, pero si se desea utilizar para fertilización de *E. guineensis*, se debe someter dicho material a un proceso de compostaje por más tiempo que el evaluado
2. Realizar evaluaciones por medio de monitoreo de los niveles de N a nivel foliar, donde se haya realizado la fertilización orgánica, para determinar si la aplicación de TPPI en donde se incorporó al suelo, los microorganismos están consumiendo el N natural del suelo para la degradación del carbono que contiene la TPPI.
3. Al hacer uso de la TPPI como abono orgánico se debe realizar un estudio de suelos y análisis foliares con la periodicidad adecuada para hacer el seguimiento y los ajustes que permitan una fertilización adecuada.
4. Evaluar el efecto directo de la TPPI en el desarrollo fisiológico de la palma de aceite en plantaciones recientes (menores de 2 años).



CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE SANIDAD VEGETAL DE
NACIONAL AGRO INDUSTRIAL, S.A.**

3.1 PRESENTACIÓN

NAISA es una empresa líder en la producción de aceite de palma en Guatemala, y en su búsqueda de la mejora continua, la cual está establecida como principio para la acreditación RSPO, realiza mejoras en cada uno de sus procesos y departamentos que conforman la corporación.

Según el diagnóstico realizado al departamento de sanidad vegetal se plantearon para el ejercicio profesional supervisado tres servicios. El primer servicio consta de la prueba piloto del ensayo establecido en el lote U19 de la finca primavera para la determinación del efecto de la TPPI en el cultivo de palma de aceite, en el cual se tomaron en cuenta parámetros de crecimiento, análisis foliar, peso promedio de racimos, potencial de aceite y crecimiento radicular de 120 palmas. En este servicio se determinó que para conocer el efecto de la TPPI en comparación a la fertilización con fuentes químicas se debe realizar esta evaluación bajo el diseño de bloques completamente al azar por lo menos, 48 meses continuos.

El segundo servicio consistió en llevar el registro de capturas promedio de trampas para mosca común, colocadas en las áreas de aplicación de TPPI, así como la aplicación de microorganismos efectivos (EM) para la reducción de poblaciones de mosca común.

Por último, en el tercer servicio se realizó un conteo de polinizadores para determinar la población disponible para la polinización de las flores femeninas. La población encontrada fue mayor al de los objetivos de la empresa.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

3.2.1 Ubicación de la zona de estudio

Los estudios realizados se ubican en la aldea Las Camelias en el Km 367 del municipio de Sayaxché, Petén. Sayaxché colinda al Norte con el municipio de La Libertad; al Sur con Chisec y Raxuhá del departamento de Alta Verapaz; al Este con San Francisco, Dolores, Poptún y San Luis Petén y al Oeste con Ocosingo, Chiapas, México.

3.2.2 Condiciones Climáticas

La finca se encuentra a 125 msnm y su clima es sub-tropical cálido y húmedo. Se caracteriza como tropical húmedo con época larga de lluvia y con época seca que dura entre diciembre y mayo. Según la clasificación de Thornthwaite se encuentra el clima A' Bb' r el cual indica que es cálido, húmedo con invierno benigno, sin estación seca bien definida (Obiols 1975).

La temperatura media mensual varía entre 23 grados en los meses de diciembre y enero y 32 en el mes de mayo. Las temperaturas máximas medias varían entre 30 y 45 °C, y las mínimas entre 17 y 23 °C. Aunque no se han presentado heladas, en algunas ocasiones se han registrado las precipitaciones de granizo en ciertas partes del municipio.

3.2.3 Zona de vida

La zona de vida en esta región es correspondiente a bosque húmedo subtropical (Cálido), suelos poco fértiles por lo tanto la agricultura no es diversificada. La precipitación promedio anual es de 2000 mm.

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 Objetivo General

Apoyar la búsqueda de soluciones a las problemáticas determinadas en la diagnosis realizada al departamento de sanidad vegetal de la empresa Nacional Agro Industrial, S. A.

SERVICIOS PRESTADOS

3.4 PRUEBA PILOTO DEL ENSAYO ESTABLECIDO POR NAISA PARA LA DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA TPPI EN LA PRODUCTIVIDAD DE PALMA DE ACEITE *Elaeis guineensis Jacq.*

3.4.1 Definición del problema

La fertilización orgánica en el cultivo de palma de aceite tiene dos objetivos claros: el primero, la captación de los subproductos de la planta de beneficio y así reducir los riesgos de contaminación ambiental. Segundo, el aprovechamiento de los nutrientes contenidos en estos subproductos. El propósito principal, para NAISA, de la aplicación en campo de las TPPI con efluentes derivados del proceso de extracción de aceite, es el reforzamiento del programa anual de fertilización. Por lo tanto, es necesario conocer su efecto en la productividad de las palmas. Según Corley (1998), la productividad de palma de aceite se puede definir con la siguiente ecuación:

$$Y = S.f.e.p$$

Donde:

S = la energía solar total recibida en la superficie del cultivo.

f = la fracción de esta energía que es interceptada por el dosel de follaje.

e = la tasa de conversión de la energía interceptada en la materia seca de la planta.

p = relación de la materia seca en el producto económico con el total de materia seca producida por el cultivo.

Y dicha ecuación está afectada por los siguientes factores: Número de racimos, materia seca, densidad de siembra, disponibilidad de agua y la fertilización. Con este servicio se

pretendió determinar el efecto de la TPPI en la productividad haciendo uso de dicho material en sustitución de la fertilización química.

3.4.2 Objetivos específicos

- A.** Evaluar parámetros de crecimiento en palmas aplicadas con TTPI y palmas sin aplicación de TPPI (Testigo).

- B.** Comparar el peso de las raíces de acuerdo a su clasificación en palmas aplicadas con TTPI y palmas sin aplicación de TPPI (Testigo).

- C.** Determinar el peso promedio de racimos en palmas aplicadas con TTPI y palmas sin aplicación de TPPI (Testigo).

3.4.3 Metodología

Las mediciones de los parámetros evaluados se hicieron para 120 palmas, divididas en dos tratamientos (ver figura 15) y 3 repeticiones para cada tratamiento. Estas palmas fueron seleccionadas en las hileras 13, 14, 15 y 16 (STPPI) y 109, 110, 111 y 112 (CTTPI) del lote U19 de la finca Primavera (ver figura 16) en base a que comparten la misma unidad de mapeo (UMA). Las unidades de mapeo están definidas en el estudio semidetallado de suelos de la empresa.

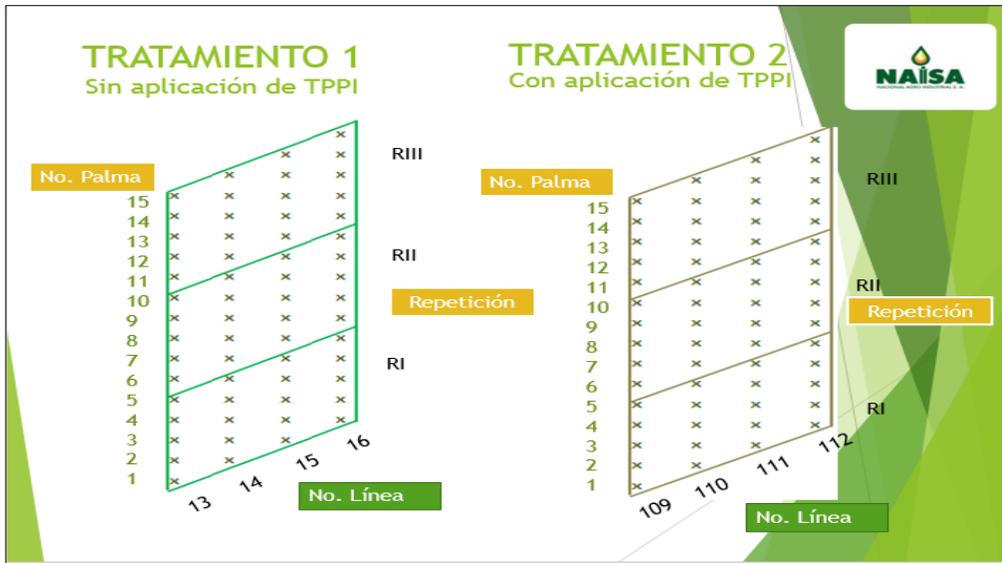


Figura 14. Croquis de campo

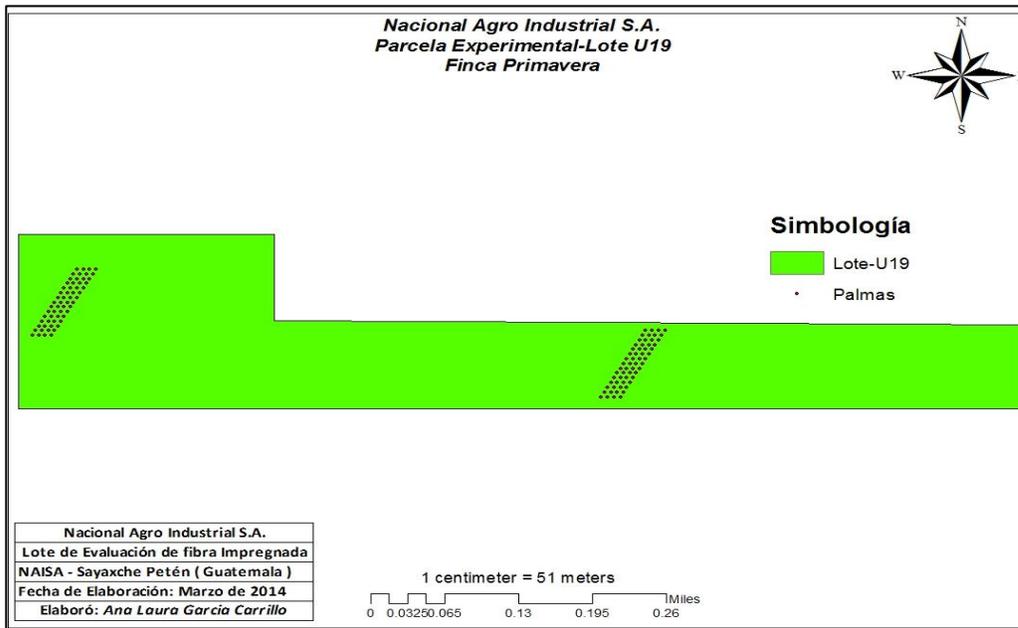


Figura 15. Parcelas experimentales utilizadas para la evaluación.

Las palmas con TPPI fueron aplicadas tres meses antes de iniciar las lecturas y la dosis fue de 375 Kg/palma y no recibió fertilización química. En la parcela sin TPPI se siguió el plan de fertilización química recomendada por la empresa.

Para obtener el peso promedio de racimos se realizaron 21 cosechas durante 7 meses continuos. Los parámetros de crecimiento (largo de hojas, largo y ancho de foliolos, diámetro y altura del estípite, número de hojas, ancho y altura del pecíolo), análisis foliar y peso de raíces fueron tomadas a las 7 palmas del anillo central de cada repetición (ver figura 17)

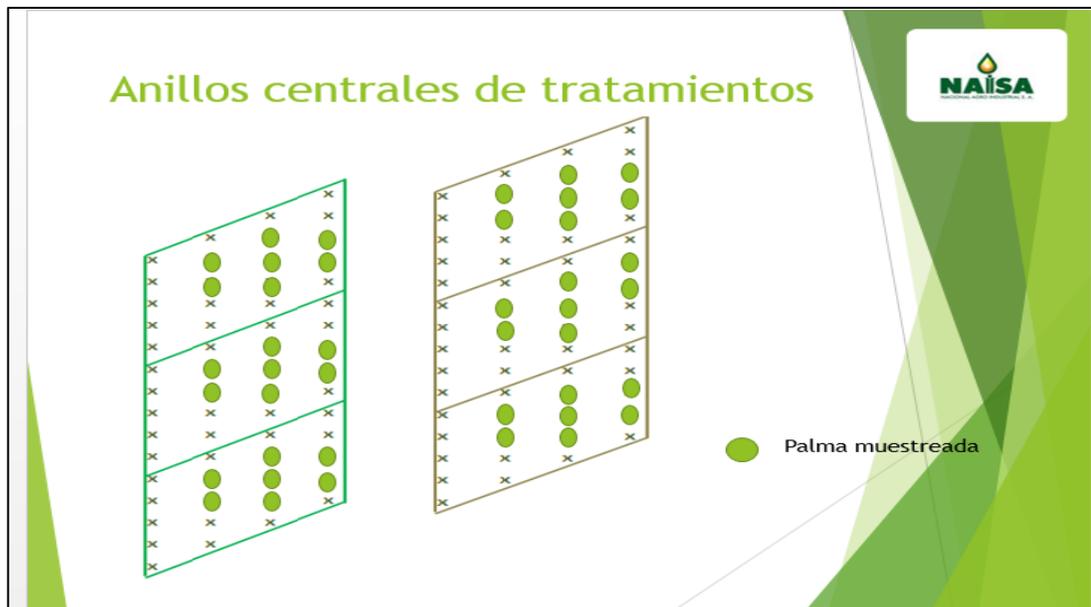


Figura 16. Croquis de palmas muestreadas en anillos centrales de las repeticiones

Se tomaron 3 muestras foliares en lapsos de 2 meses entre cada una y fueron enviadas a un laboratorio externo para su análisis. Todos los resultados fueron representados en medias aritméticas ya que el experimento no corresponde a ningún diseño experimental para hacer un análisis de varianza.

3.4.4 Resultados

A. Variables de crecimiento

En las figuras 18 a la 21 se observan el comportamiento de los parámetros de crecimiento evaluados en los cuales no muestra una diferencia significativa entre tratamientos debido a que por ser una planta perenne se requiere de un período más amplio de evaluación para poder determinar el efecto de la TPPI en el desarrollo de la palma de aceite o bien realizarlo en una plantación durante los primeros 2 años de crecimiento.

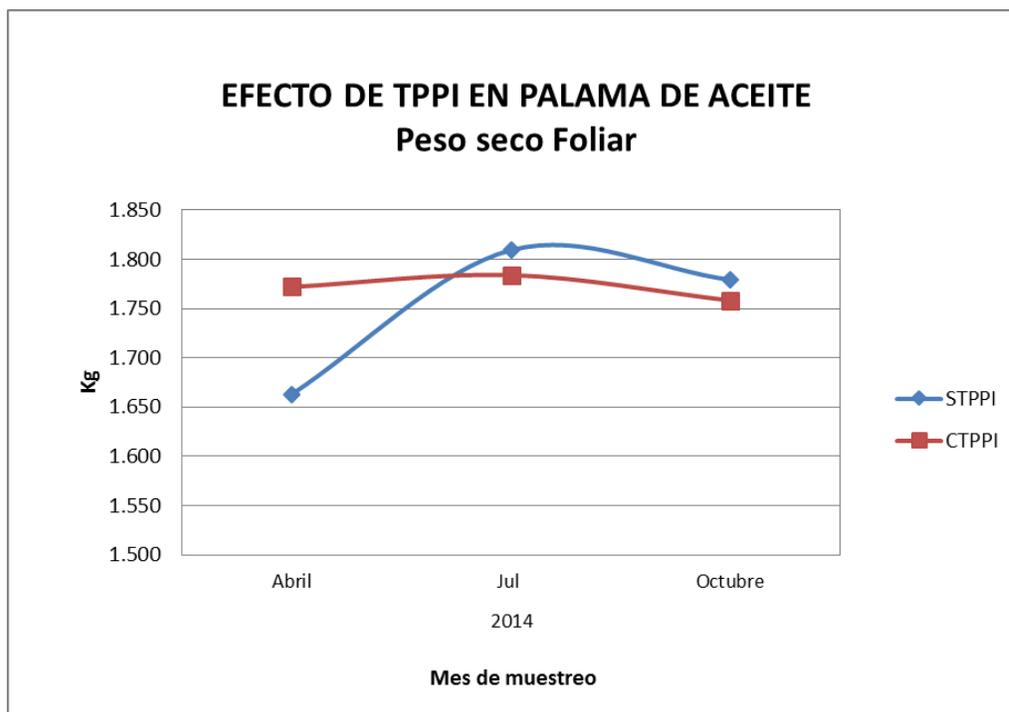


Figura 17. Peso seco foliar promedio por tratamientos

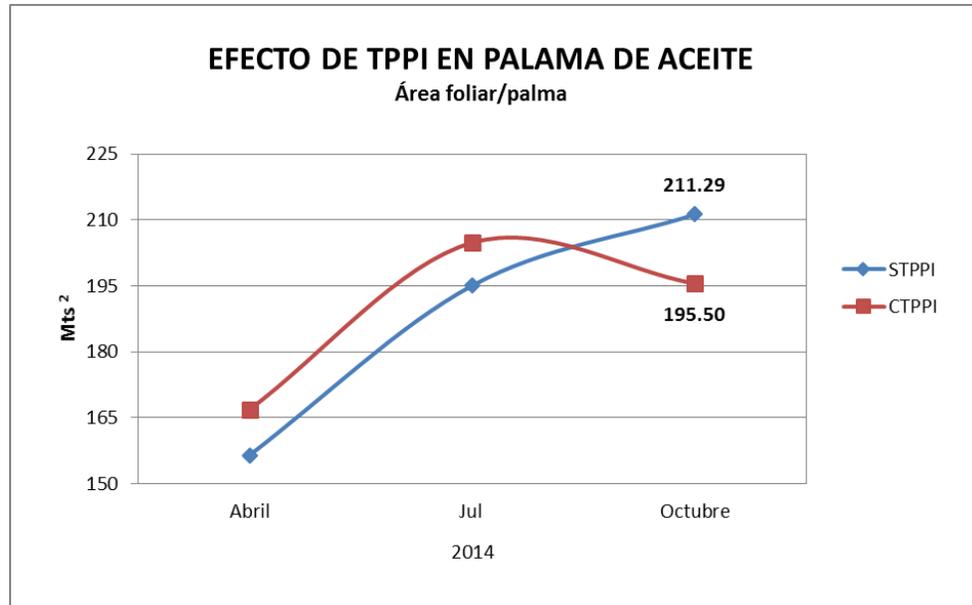


Figura 18. Área foliar promedio por tratamiento

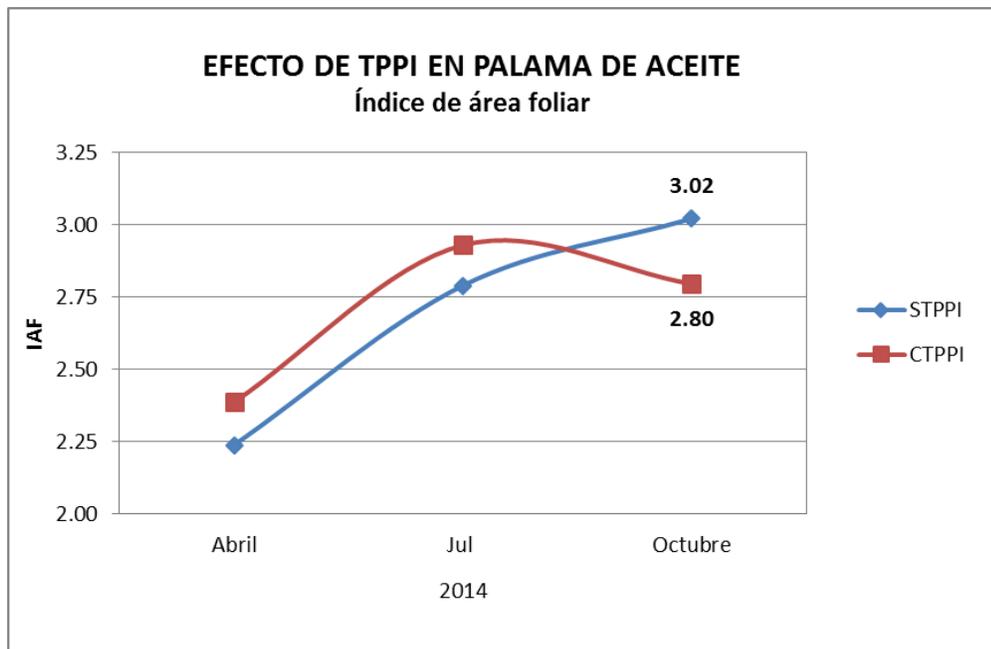


Figura 19. Índice de área foliar promedio por tratamiento

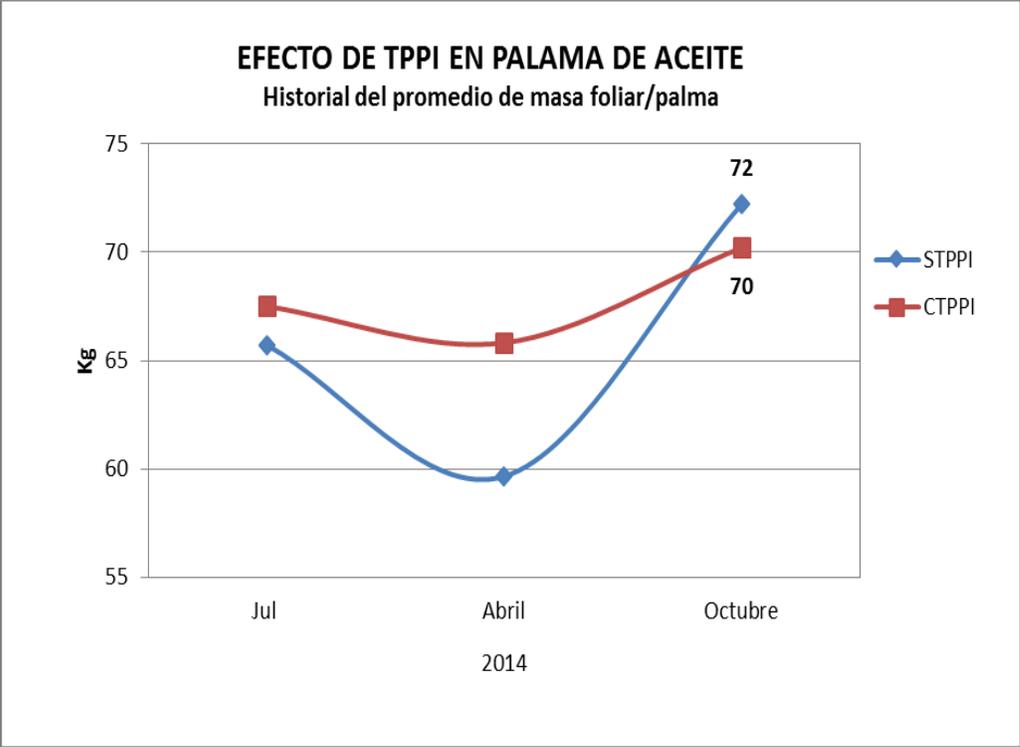


Figura 20. Historial del promedio de masa foliar por tratamiento

B. Peso promedio de raíces

En el cuadro 18 se describe las dos lecturas de raíces realizadas (a los 3 y 6 meses después de la aplicación de TPPI) para cada tratamiento según la clasificación de raíces (primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias).

Cuadro 18. Peso promedio de raíces de palma después de aplicación de TPPI

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	LECTURA	PESO DE RAÍCES (g)			
			Primarias	Secundarias	Terciarias	Cuaternarias
STPPI	I	1	22	19	8	10
STPPI	II	1	25	14	13	11
STPPI	III	1	19	14	11	10
Promedio			22.00	15.67	10.67	10.33
STPPI	I	2	9.5	18.1	12.5	8.4
STPPI	II	2	14.5	22.9	15	13.4
STPPI	III	2	16.3	22.9	16.8	14.7
Promedio			13.43	21.30	14.77	12.17
CTPPI	I	1	12	11	8	4
CTPPI	II	1	23	22	20	4
CTPPI	III	1	14	15	8	5
Promedio			16.33	16.00	12.00	4.33
CTPPI	I	2	7.8	12.1	10.6	11.4
CTPPI	II	2	40.6	18.6	7.8	9.7
CTPPI	III	2	17.5	18.7	13.3	14.4
Promedio			21.97	16.47	10.57	11.83

No se observó un mayor peso de raíces en el tratamiento CTPPI ya que la metodología de muestreo no abarcaba el área de aplicación de la materia orgánica. En el año 2002, Acosta asegura que una buena parte de los nutrientes que utiliza la palma es tomada del suelo mediante el proceso de flujo de masa (K, Ca, Mg, B) por lo tanto se puede deducir que la mayor concentración de raíces se encuentra donde hay mayor humedad, y es el caso donde se encuentra aplicada la TPPI. Esto se confirma con las observaciones que

se hicieron a la TPPI donde se visualizaba una alta concentración de las raíces (ver figura 22).



Figura 21. Concentración de raíces encontrada en TPPI aplicada en campo.

C. Peso promedio de racimos

El peso promedio de racimos, para cada tratamiento, obtenido en las 21 lecturas se detalla en la figura 23. Para el tratamiento STPPI, el peso promedio de racimos hasta la lectura 21 fue de 6.20 Kg y para el tratamiento CTPPI el peso promedio fue de 6.16 Kg.

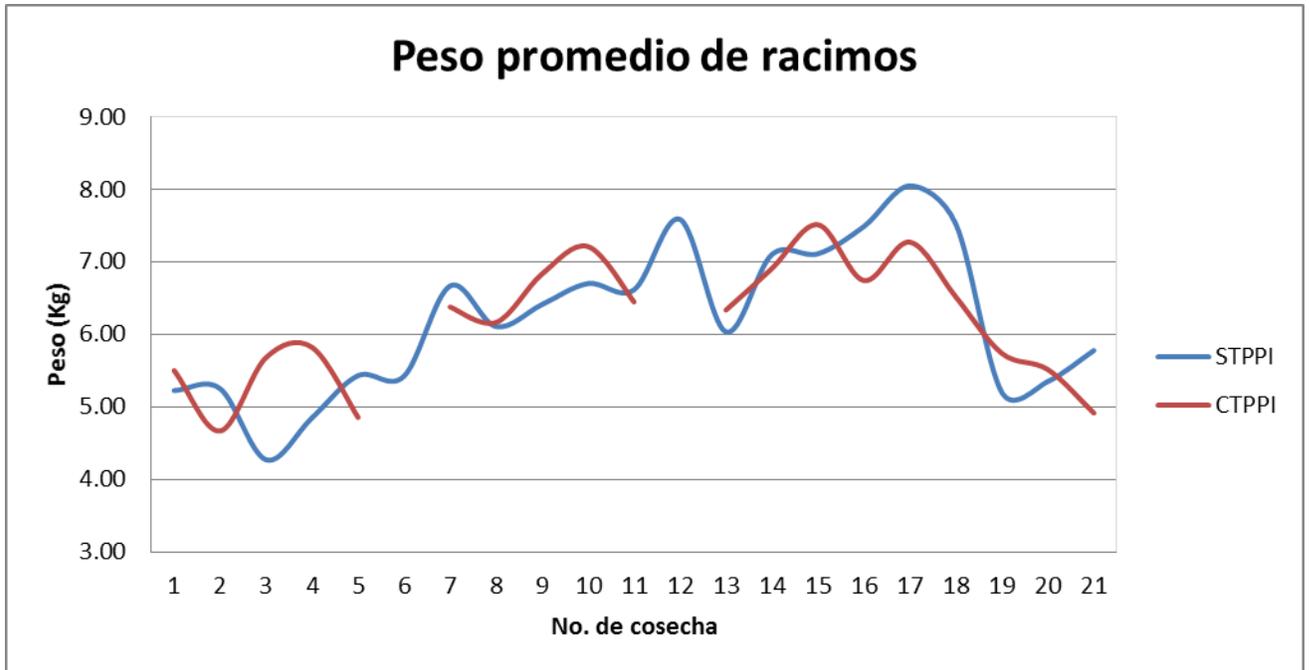


Figura 22. Peso promedio de racimos por tratamiento

3.4.5 Conclusiones

- A.** Las variables de crecimiento evaluados, se comportaron de forma similar entre los tratamientos durante los meses que se realizó el seguimiento por lo que se deduce que el tiempo de evaluación no es el suficiente para ver el efecto de la TPPI en el desarrollo fisiológico de la palma.

- B.** El peso promedio de racimos en la parcela sin TPPI fue mayor por 0.04 Kg en comparación con la parcela con TPPI, por lo que con el tiempo de descomposición no se pueden ver resultados valederos, los cuales se espera poder apreciar entre los 48 meses después de la aplicación de la TPPI.

- C.** El peso promedio de raíces fue menor en la parcela con TPPI ya que la metodología de muestreo utilizada no abarcaba el área de la aplicación, que es el lugar donde se encontraba la concentración de raíces.

3.4.6 Recomendaciones

- A.** Establecer nuevamente el experimento bajo el diseño experimental de bloques al azar para poder hacer un análisis de varianzas entre tratamientos.

- B.** Establecer una metodología diferente de muestreo de raíces para las áreas aplicadas con TPPI ya que la utilizada actualmente no abarca las áreas de los depósitos de TPPI y es allí donde se concentra la mayor parte de raíces.

- C.** Llevar registros de las variables evaluados por lo menos durante 48 meses para obtener una visión más certera sobre el comportamiento de las aplicaciones de la TPPI.

- D.** Realizar análisis químicos de suelos y foliar para determinar el efecto de la TPPI en el comportamiento de los niveles nutricionales tanto en el suelo como en el follaje de palma.

- E.** Realizar la evaluación en plantaciones en jóvenes para ver cuánto tiempo se ahorra la planta para llegar a la etapa de producción.

3.4.7 Constancias



Figura 23. Medición de parámetros de crecimiento en parcelas de ensayo



Figura 24. Muestreo de raíces en palmas evaluadas.

3.5 CONTROL Y MONITOREO DE POBLACIÓN DE *MUSCA DOMESTICA* EN ÁREAS DE APLICACIÓN DE TPPI

3.5.1 Definición del problema

Cisneros, (1992) manifestó que el manejo integrado de plagas consiste en mantener el nivel del daño de enfermedades y plagas por debajo del umbral económico aceptable, combinando varias formas de control. Las formas de control pueden ser: control químico, control mecánico, control biológico, control cultural y otras maneras como vacunas o antibióticos. Aparte de estas maneras, el pronóstico es un elemento muy importante para el MIP porque sirve para saber con anterioridad la aparición de enfermedades y plagas, y también se puede optimizar la actividad de los enemigos naturales.

Musca domestica se convierte en una plaga difícil de controlar, debido a su alta resistencia a los productos químicos y a la cantidad de hospederos a los que se adapta. La temperatura y humedad son factores determinantes para la duración del ciclo de la mosca; a mayor temperatura el ciclo se acorta y al contrario con temperaturas bajas. Durante los estadíos de huevo y larva, la mosca requiere de una humedad alta para su desarrollo, por el contrario la pupa debe permanecer en lugares secos (González, 1994). Estas condiciones son fáciles de encontrar, para la mosca común, en las áreas de aplicación de TPPI.

En las comunidades cercanas a las aplicaciones de TPPI, la incidencia de mosca es atribuida a las actividades de aplicación en la plantación. Es por esto que en NAISA, se lleva un estricto control y monitoreo del comportamiento poblacional de mosca común y además se evaluó un ensayo con microorganismos eficientes (EM) para reducir dicha población.

3.5.2 Objetivos específicos

- A. Monitorear, por medio de trampas cromáticas pegajosas, la población de *M. domestica* en áreas cercanas a los lotes con aplicación de TPPI.

- B. Realizar ensayo con EM (microorganismos eficientes) para el control de larvas de *M. domestica* en lotes aplicados con TPPI.

3.5.3 Metodología

Para el monitoreo de la población de mosca común, se colocaron trampas cromáticas pegajosas cada 10 hileras de palma, entre la palma 1 y 2 de cada hilera. Los lotes se monitorearon durante 6 meses. La colocación de trampas se realizó inmediatamente después de la aplicación de la TPPI.

Cada trampa tenía marcada 5 cuadros (uno en cada esquina y otro en el centro) de 15 cm² cada uno, las lecturas se realizaban cada 2 días, se hacía el conteo dentro de dichos cuadros en ambos lados de la trampa y por último se procedió a estimar el promedio por trampa en cada lote durante los meses que se realizó el monitoreo.

Para el ensayo de EM se tomó en consideración un lote de la finca Ghana una semana antes de la aplicación de TPPI. Se marcaron 6 puntos al azar sobre la materia orgánica aplicada, donde la lámina de TPPI fuera mayor a 5 cm y se procedió a hacer un conteo de larvas por punto antes y 48 horas después de la aplicación del producto. Se aplicó 18.75 cm³ por litro y se aplicaron 16 litros de EM en 400 m²

En condiciones controladas, se establecieron 6 dosis diferentes (*ver cuadro 19*) de EM y se colectaron 100 larvas de mosca común por tratamiento. Las larvas de mosca se colocaron en cajas Petri y se les realizó la aplicación por medio de un atomizador. Se realizó el conteo de larvas vivas y muertas, 48 horas después de establecido el ensayo.

Cuadro 19. Tratamiento de EM evaluados en condiciones controladas

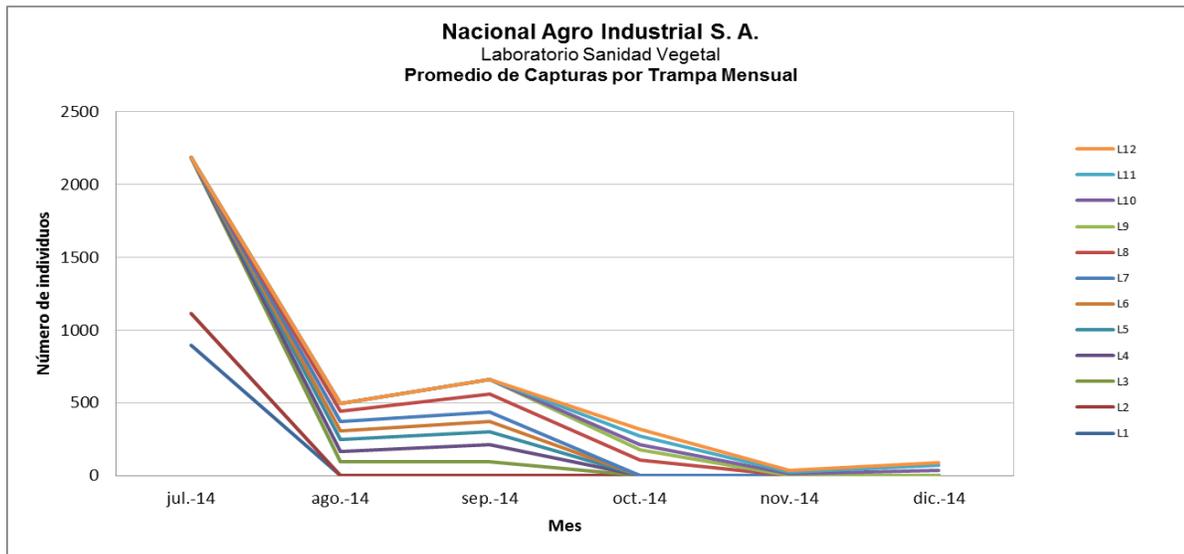
Tratamiento	Dosis (cm³/litro)
4	15.63
6	17.15
1	18.75
3	20.31
2	21.88
5	23.43

3.5.4 Resultados

A. Monitoreo de Musca domestica

En la figura 26, se puede observar el comportamiento de la población en todos los lotes con aplicación de TPPI durante los meses de julio a diciembre. Se puede observar que la tendencia disminuye en los meses de bajas temperaturas (noviembre a enero).

La aplicación de TPPI en los 12 lotes evaluados fue en diferentes fechas y no se marca una relación entre el comportamiento de la población y el tiempo de aplicación. Ya que si fuera este el caso se hubiera obtenido fluctuaciones en la dinámica poblacional en los meses que se hicieron las lecturas.



Referencias:

*L1-L12: Lote 1 al Lote 12.

Figura 25. Promedio de capturas por trampa mensual en áreas de aplicación de TPPI.

B. Ensayo de EM para control de larvas de *M. domestica*

La población de larvas de mosca común se mantuvo constante (ver figura 39) en las lecturas antes y 48 horas después de la aplicación del producto realizada en campo, por lo que no se pudo determinar si el producto tuvo efecto en la población. En los 6 puntos muestreados, antes de la aplicación de EM, se contaron 288 larvas y el conteo total de larvas a las 48 horas de la aplicación fue de 291 individuos vivos.

En condiciones controladas, no se observó efecto alguno sobre las larvas ya que en todos los tratamientos, en promedio, un 93% de larvas se encontraban vivas (ver figura 27). En la figura 28 se marca con una línea roja las 100 larvas colocadas al inicio en cada tratamiento.

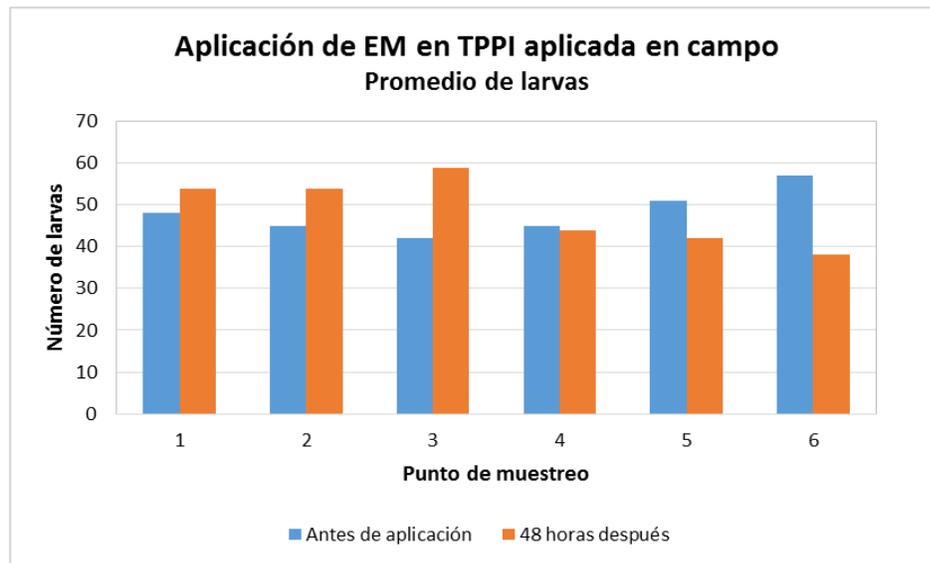


Figura 26. Promedio de larvas en muestreo realizado en campo para el ensayo con EM

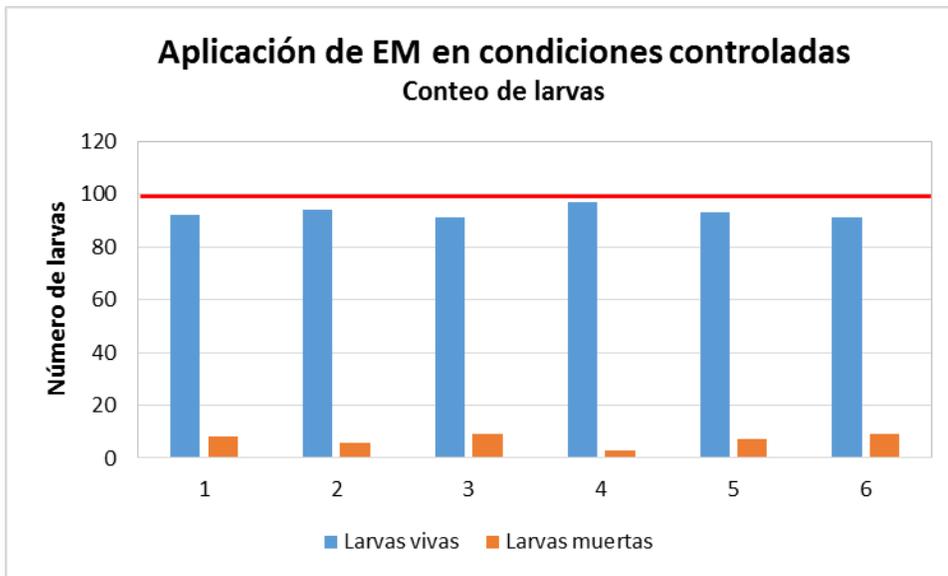


Figura 27. Conteo de larvas en muestreo realizado en condiciones controladas para el ensayo con EM

3.5.5 Conclusiones

- A. Se determinó que el aumento en la poblacional de *M. domestica* en las áreas cercanas de aplicación corresponde más a las condiciones climáticas del lugar que a la aplicación de TPPI en la plantación.

- B. La aplicación de EM sobre las larvas de mosca común tanto en campo como en condiciones controladas no ejerció ningún control contra la población de *M. domestica*.

3.5.6 Constancias



Figura 28. Preparación de producto a base de EM para aplicar en campo.



Figura 29. Trampas cromáticas pegajosas instaladas en las áreas de aplicación de TPPI.

3.6 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN DE POLINIZADORES EN LA PLANTACIÓN DE *Elaeis guineensis* Jacq.

3.6.1 Definición del problema

La alta productividad de la palma de aceite, viene dada por una producción permanente de racimos, relacionada con el número de racimos por palma y de su peso promedio según Alpizar (1988). La inflorescencia femenina de la palma aceitera produce racimos que presentan frutos normales, frutos partenocárpicos y en el peor de los casos pueden presentarse abortos de flores, al no desarrollarse el gameto femenino, por ausencia de fecundación (Ruiz 2000).

Damas (2001) indica que para lograr la conformación de racimos con la mayor proporción de frutos normales se requiere la presencia de los insectos polinizadores, esto porque la polinización de las flores es en su mayoría del tipo entomófila. Es por esto que es importante conocer la población de polinizadores en una plantación.

3.6.2 Objetivos específicos

- A. Identificar las especies de polinizadores de palma de aceite presentes en la plantación.

- B. Determinar la población de polinizadores de palma de aceite presentes en las diferentes fincas de la empresa.

3.6.3 Metodología

Se tomaron 3 muestras de polinizadores de una flor masculina por finca y se procedió a separar los individuos y a identificar a través de un estereoscopio si correspondían a la especie *Elaeidobius subvittatus*, *Elaeidobius kamerunicus* o *Mystrops costaricensis*.

Para el conteo de polinizadores se procedió a cortar un dedo de una flor masculina (ver figura 31) que se encontrara en el tercer día de antesis en cada finca mensualmente, es decir, que tuviera más del 75% del su área cubierta por polen. Antesis se refiere al tiempo en que una flor se encuentra completamente desarrollada, en estado funcional y en el cual ocurre la polinización.

También se procedió al conteo de flores masculinas y femeninas en cada palma donde se tomó el dedo. Los dedos cortados se trasladaron al laboratorio de sanidad vegetal en una bolsa plástica transparente y se procedió a aplicarles insecticida dentro de la misma. Se dejó dentro de la bolsa durante 2 horas y luego se realizó el conteo de individuos por especie de polinizadores.

El monitoreo fue de marzo a noviembre y los lotes fueron escogidos al azar independientemente de la variedad sembrada, es decir que la evaluación fue realizada por finca y no por material genético.



Figura 30. Dedo de flor masculina de *E. guineensis*.

3.6.4 Resultados

De las muestras colectadas en las diferentes fincas se identificaron dos especies: *Elaeidobius kamerunicus* y *Mystrops costaricensis*. *E. kamerunicus* se identificó por los pelos marginales que presenta en el dorso lo cual lo diferencia de *E. subvittatus* y *M. costaricensis* por tener el cuerpo oscurecido por pubescencia dorada (Labarca y Narváez 2009). Las especies identificadas se pueden observar en la figura 32.



Figura 31. Especies identificadas en flores masculinas en NAISA

Para NAISA, la población de polinizadores para una flor femenina debe ser de 3,000 individuos y para las flores masculinas 6,000. El promedio de polinizadores general de la empresa por flor femenina fue de **48,812** individuos y para las flores masculinas fue de **59,632** individuos. La finca con menor promedio de polinizadores para ambas flores es la finca Primavera 2 pero esta finca corresponde a los proyectos más jóvenes de la empresa por lo que es razonable que la población de polinizadores sea menor.

En la figura 33 se puede observar el promedio de polinizadores por finca en flores femeninas y masculinas y en todas las fincas se tiene una población mayor a la del objetivo establecido por la empresa.

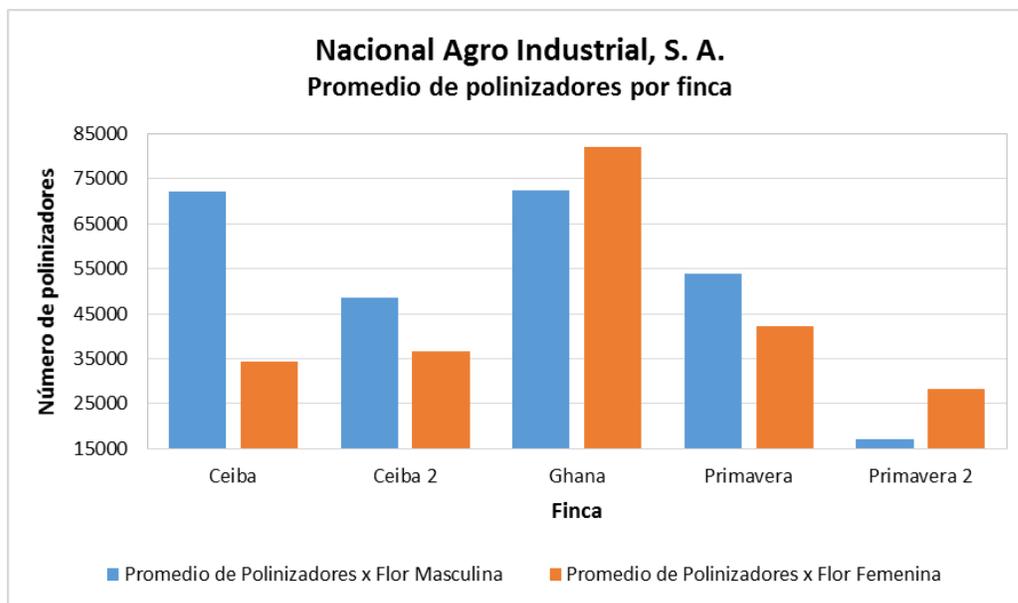


Figura 32. Promedio de polinizadores por flor por finca

3.6.5 Conclusiones

- A. Las especies identificadas en las plantaciones de NAISA son: *Elaeidobius kamerunicus* y *Mystrops costaricensis*.

- B. La población de polinizadores en todas las fincas de la empresa está por encima del objetivo marcado dando un promedio general de 48812 polinizadores por flor femenina y 59632 por flor masculina.

3.6.6 Constancias



Figura 33. Flor polinizada en finca Ghana.



Figura 34. Polinizadores en flor masculina en finca Ceiba

BIBLIOGRAFÍA

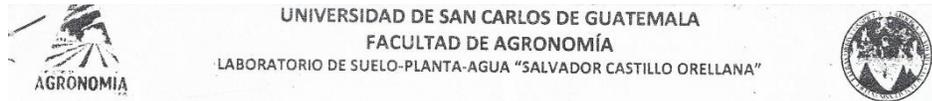
1. Acosta, A. 2002. Efecto de las paleras en el crecimiento de raíces y la dinámica del agua en palma de aceite. Ceniavances, Colombia, Co, jul 01:1-4
2. Agreda, R; Deza, M. 2011. Factores que condicionan el proceso de compostaje (en línea). Consultado 20 mar 2014. Disponible en [http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/eeymar/default_archivos/5%20FACTORE SPROCESO%20\(2\).pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/eeymar/default_archivos/5%20FACTORE%20SPROCESO%20(2).pdf)
3. Aguaré, J. 2005. Diagnóstico, investigación y servicios en el caserío La Paz, del municipio de Sayaxché, departamento del Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 99 p.
4. Alpizar, G. 1988. Polinización de la palma aceitera. Primer curso sobre el cultivo de la palma aceitera. INAGRO-Foncopal-ASD Costa Rica, S.A., San Felipe, Yaracuy. Venezuela. p 1-4.
5. Bernal, F. 2005. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio: guía general para el nuevo palmicultor. Colombia, FEDEPALMA. 186 p.
6. Calvache, H; Meneses, N; Gallozzi, R. 2011. Mejores prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite. Honduras, Hondupalma. 59 p.
7. Campos, B. 2008. Organización empresarial (hotelería) y Proyecto: producción de papaya criolla en Sayaxché, Petén. Tesis Lic. Administración de empresas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 142 p.
8. Centro de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA). 2014. Sanidad (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 17 feb 2014. Disponible en: <http://www.cenipalma.org/sanidad>
9. Cerón, C. 2011. Posibles beneficios económicos del manejo ambientalmente responsable de los subproductos sólidos que se originan en el proceso de extracción de aceite rojo de palma africana (*Elaeis guineensis*). Tesis Ing. Comercial. Ecuador, Universidad Internacional del Ecuador. 24 p.
10. Chinchilla, C. 1989. Principales enfermedades de la palma aceitera. Compañía Palma Tica/ASD. Costa Rica. 61 p.
11. Chinchilla, C; Randall, T. 1999. Compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera (en línea). Costa Rica, ASD. Consultado 16 mar 2014. Disponible en: file:///C:/Users/algarcia/Downloads/a50-6907-III_411.pdf

12. Cisneros, F. 1992. El manejo integrado de plagas (en línea). CIP, Perú. Consultado el 10 may 2016. Disponible en: cipotato.org/library/pdfdocs/ResGuide41146.pdf
13. Corley, R. 1998. Productividad de la palma de aceite: Aspectos fisiológicos. *Palmas* 19(No. especial): 162-168.
14. Corley, R; Tinker, P. 2003. La palma de aceite. 4 ed. Bogotá, Colombia, Blackwell Publishing. 585 p.
15. Damas D. 2001. Estudio de la polinización en la palma aceitera. Primer curso internacional sobre el manejo agronómico de la palma aceitera. Maracaibo, Venezuela. 23 p.
16. DeGuate. 2014. Recursos naturales de Sayaxché: municipios de Guatemala (en línea). Consultado 13 mar 2014. Disponible en <http://www.deguate.com/municipios/pages/peten/sayaxche/recursos-naturales.php#.UzDyAPI5Ne8>
17. FAO, IT. 2006. Palma de aceite: *Elaeis guineensis* Jacq. (en línea). Costa Rica. Consultado 16 mar 2014. Disponible en http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/PALMADEACEITE.HTM
18. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA). 2014. Bogotá, Colombia. Consultado 17 feb 2014. Disponible en: <http://web.fedepalma.org/>
19. Foster, H. 2003. Assessment of oil palm fertilizer requirements. Kuala Lumpur, PORIM. p. 143-152.
20. García Car, ALE. 2014. Evaluación del material orgánico impregnado con efluentes derivados de la industrialización de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) para su aprovechamiento como abono en el cultivo. Guatemala, Nacional Agro Industrial, S.A. 45 p. (Sin publicar)
21. Golueke, CG; Diaz, LF. 1987. Composting and the limiting factors principle. *Biocycle* 28(4):22-25.
22. González, M. 1994. Dinámica poblacional y parasitismo de la mosca doméstica, *Musca domestica*, y la mosca del establo, *Stomoxys calcitrans*. Tesis Ing. Agr. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 57 p.
23. Haug, R. 1993. The practical handbook of compost engineering. US, Lewis Publishers. p. 205-209.
24. Hudzari, M; Samad, A. 2012. A review on crop plant production and ripeness forecasting. Malasya, IJACS. 10 p.

25. IICA, NI. 2006. Guía técnica: cultivo de la palma africana. Managua, Nicaragua. 25 p.
26. Jhorar, BS; Phogat, V; Malik, E. 1991. Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment. *Arid Soil Rest. Rehabil.* 5:297-306.
27. Labarca, M; Narváez, Z. 2009. Identificación y fluctuación poblacional de insectos polinizadores en palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*) en el sur del lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *LUZ* 1(36): 305-324.
28. Law, K et al. 2007. Oil palm empty-fruit-bunch, Quebec, Canadá. *Bioresources* 2(3):351-362.
29. Law, K; Jiang, X. 2001. Comparative papermarking properties of oil-palm-empty fruit bunch. *Tappi J.* 84(1):1-13.
30. López, J. 1995. Reutilización de residuos urbanos en agricultura; en parámetros de control de compostaje y aplicación del compostaje a residuos orgánicos. Madrid, España, Editorial Aedos. 110 p.
31. Ma, A; Cheah, S; Chow, M. 1990. Current status on treatment of palm oil industrial wastes in Malaysia. Malasya, Allied publishers. 204 p.
32. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Acuerdo Gubernativo 236-2006. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos (en línea). Guatemala, MARN. Consultado 16 mar 2014. Disponible en: http://www.chmguatemala.gov.gt/convenios-/legislacion...aguas_residuales
33. Moreno, J; Moral, R. 2007. Compostaje. Madrid, España, Mundi Prensa. 530 p.
34. Munévar, F. 2001. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. *Palmas* 22(4):9-17.
35. Nacional Agro Industrial (NAISA). 2013. Visión, misión y políticas de calidad. 10 p. (Sin publicar).
36. Nacional Agro Industrial, GT. 2011. Estudio semidetallado de suelos de 6000 hectáreas en Sayaxché, Petén. Guatemala. 20 p.
37. Obiols, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala; según el sistema Thornthwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000,000. Color.

38. Owen, E. 2011. Fertilización de la palma africana en Colombia. *Palmas* 13(2):39-64.
39. Perraud-Gaime, I; Roussos, S. 1996. Fisiología y bioquímica de microorganismos utilizados en procesos de fermentación en medio sólido. Francia, Editorial. 343 p.
40. Restrepo, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados; experiencias de agricultores de Centroamérica y Brasil. San José, Costa Rica, OIT / PSST-AcyP / CEDECO. 51 p.
41. Rodríguez, M. 2004. Desempeño ambiental del sector palmero en Colombia: evaluación y perspectivas. Bogotá, Colombia, FEDEPALMA. 36 p.
42. Román, P et al. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Santiago de Chile, Chile, FAO. 30 p.
43. Ruiz, R. 2000. Efecto de las condiciones climáticas en la viabilidad del polen y en la composición del racimo. *Boletín divulgativo Ceniavances-Cenipalma* 71: 1-3.
44. Sánchez-Monedero, MA; Roig, A; Paredes, C; Bernal, MP. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.* 78(3):301-308.
45. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, GT). 2010. Caracterización del municipio de Sayaxché, Petén. Guatemala. p. 1-2.
46. Sundberg, C. 2003. Food waste composting-effect of heat, acids and size (en línea). Consultado 16 mar 2014. Disponible en: <http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000374/01/TryckfilDel.pdf>
47. Uribe, J et al. 2001. Evaluación de los microorganismos eficaces (EM) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula, Medellín, Colombia. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 14(2):164-172.
48. Valdez, E. 2008. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión del municipio de Sayaxché, Petén. Tesis Lic. Admón. Guatemala, USAC. 124 p.

ANEXOS



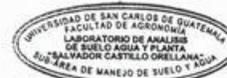
INTERESADO: NAISA
 RESPONSABLE: LAURA GARCIA
 PROCEDENCIA: SAYAXCHE, PETEN
 FECHA DE INGRESO: 31/7/2014
 CULTIVO: PALMA AFRICANA

IDENT	pH	µS /cm C.E.	%						ppm						%		C : N
			P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	B	C.O	NT		
M-1 TPP1-T4 R1	8.9	3150	0.03	0.75	0.38	0.12	0.02	10	10	260	10	800	8.8	38.22	0.61	62.6 : 1	
M-2 TPP1-T4 R2	9.2	4735	0.03	1.06	0.31	0.16	0.04	10	15	295	5	1150	16.1	37.83	0.82	46.1 : 1	
M-3 TPP1-T4R3	9.0	4895	0.06	0.69	0.50	0.24	0.06	15	20	665	25	1100	13.7	42.12	1.44	29.3 : 1	
M-4 TPP1-T5 R1	9.6	5065	0.04	0.81	0.38	0.17	0.04	10	15	380	1	1150	10.2	42.12	0.68	61.9 : 1	
M-5 TPP1-T5 R2	9.1	4045	0.04	0.63	0.38	0.16	0.09	15	15	415	1	900	9.6	45.24	1.09	41.5 : 1	
M-6 TPP1-T5 R3	9.3	4505	0.04	0.63	0.38	0.16	0.09	10	15	380	5	800	13.8	43.68	1.08	40.4 : 1	
M-7 TPP1-T6 R1	8.9	5480	0.05	0.88	0.50	0.20	0.06	20	20	590	5	1050	10.7	44.46	0.84	52.9 : 1	
M-8 TPP1-T6 R2	9.3	4885	0.04	0.81	0.38	0.18	0.05	15	15	425	1	950	11.7	46.80	1.09	42.9 : 1	
M-9 TPP1-T6 R3	9.2	5305	0.03	0.69	0.38	0.16	0.04	15	10	335	1	900	11.2	46.02	1.04	44.3 : 1	



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189908, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

IDENT	pH	µS /cm C.E.	%						ppm						%		C : N
			P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	B	C.O	NT		
M-1 TPP1-T7R1	8.8	3660	0.22	1.19	1.00	0.41	0.16	35	35	1300	45	125	20.0	42.12	2.28	18.5 : 1	
M-2 TPP1-T7R2	9.1	9410	0.27	1.94	1.00	0.46	0.17	35	35	1350	55	185	26.8	43.68	1.74	25.0 : 1	
M-3 TPP1-T7R3	9.3	4175	0.18	1.25	0.69	0.36	0.11	25	25	1050	50	105	22.4	42.12	1.60	26.3 : 1	
M-4 TPP1-T8R1	9.8	4625	0.18	1.31	0.81	0.43	0.12	35	25	1150	55	135	24.1	44.46	1.58	28.1 : 1	
M-5 TPP1-T8R2	8.9	4815	0.26	1.19	0.75	0.41	0.11	30	30	1030	60	160	17.5	43.68	1.56	28.0 : 1	
M-6 TPP1-T8R3	9.5	7205	0.16	1.50	0.63	0.36	0.11	25	20	850	30	140	24.0	43.68	1.50	29.1 : 1	



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189908, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 35A. Resultados de laboratorio de la TPPI después de la impregnación



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: NAISA
RESPONSABLE: LAURA GARCIA
PROCEDENCIA: SAYAXCHE, PETEN
FECHA DE INGRESO: 17/10/2014
CULTIVO: PALMA AFRICANA

IDENT	pH	mS /cm C.E.	%					ppm						%		C : N	
			P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	B	C.O	NT		
M-1	TPP1R-T4 R1	7.9	9.10	0.06	1.38	0.38	0.21	0.08	15	20	465	30	255	1.45	40.66	0.64	63.5 :1
M-2	TPP1R-T4 R2	7.7	12.05	0.07	1.38	0.31	0.22	0.09	15	20	420	30	250	10.50	43.15	0.78	55.3 :1
M-3	TPP1R-T4R3	8.0	10.45	0.07	1.50	0.31	0.21	0.10	15	20	490	35	375	2.00	38.17	0.92	41.5 :1
M-4	TPP1R-T5 R1	8.4	11.35	0.06	1.25	0.38	0.21	0.09	15	20	430	25	300	8.50	37.34	0.74	50.5 :1
M-5	TPP1R-T5 R2	7.5	9.84	0.05	1.19	0.25	0.17	0.07	10	15	360	25	280	8.00	45.64	0.79	58.0 :1
M-6	TPP1R-T5 R3	8.1	13.95	0.06	1.38	0.31	0.21	0.10	15	20	405	30	275	8.00	57.26	0.91	62.9 :1
M-7	TPP1R-T6 R1	7.7	8.29	0.07	1.19	0.31	0.18	0.08	15	15	405	25	255	1.00	39.00	0.92	42.4 :1
M-8	TPP1R-T6 R2	8.1	11.70	0.07	1.13	0.31	0.22	0.09	15	20	495	30	290	7.50	39.83	0.90	44.3 :1
M-9	TPP1R-T6 R3	7.8	7.30	0.06	1.00	0.31	0.19	0.08	15	15	425	25	285	6.00	41.49	0.76	54.6 :1
M-10	TPP1R-T7R1	7.8	8.23	0.07	1.13	0.38	0.21	0.09	15	20	465	30	280	4.50	52.28	0.94	55.6 :1
M-11	TPP1R-T7R2	7.8	7.58	0.06	1.00	0.31	0.18	0.07	10	15	325	20	255	11.50	40.66	0.85	47.8 :1
M-12	TPP1R-T7R3	8.1	8.24	0.07	1.06	0.31	0.19	0.09	15	15	400	20	350	19.50	34.02	0.76	44.8 :1



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189308, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 36A. Resultados de laboratorio de la TPPI en campo



Figura 37A. Impregnación de efluentes a la TPP.



Figura 38A. Toma de muestras después de cada impregnación de cada tratamiento



Figura 39A. Traslado de la TPPI a campo



Figura 40A. Aplicación de la TPPI en el lote L34.



Figura 41A. Toma de muestra de TPPI para determinación de humedad.



Figura 42A. TPPI aplicada a la palma en el lote 34.



Figura 43A. Toma de submuestras de TPPI en campo.



Figura 44A. Muestras homogenizadas



Figura 45A. Empaque de muestras para envío a laboratorio.



Figura 46A. Homogenización de las muestras de TPPI y pesaje