

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



MILDRED JOHANA GARCÍA CÁRDENAS

GUATEMALA, MAYO 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



TÍTULO
CARACTERIZACIÓN A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS AISLADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE COMPOSTAJE DE RAQUIS DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) DIAGNOSTICO Y SERVICIOS PRESENTADOS EN LA FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA C. A.

POR
MILDRED JOHANA GARCÍA CÁRDENAS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA
EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA, MAYO 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Rector Magnífico
Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

Junta Directiva de la Facultad de Agronomía

Decano	Dr. Lauriano Figueroa Quiñónez
Vocal I	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
Vocal II	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
Vocal III	Ing. Agr. MSc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
Vocal IV	B. Forestal Sindy Benita Simón Mendoza
Vocal V	Br. Sergio Alexander Soto Estrada
Secretario	Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio

Guatemala, mayo 2014

Guatemala, mayo 2014

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo titulado: **CARACTERIZACIÓN A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS AISLADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE COMPOSTAJE DE RAQUIS DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) DIAGNOSTICO Y SERVICIOS PRESENTADOS EN LA FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA C, A.** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en 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”

Mildred Johana García Cárdenas

ACTO QUE DEDICO

- DIOS** Porque él es mi creador, guía, luz y fortaleza. Sin Él nada de esto sería posible.
- MIS PADRES** A mi amado padre Cesar Augusto García Rodríguez por su apoyo incondicional y ser un ejemplo de lucha en todo momento a mi querida madre Mauricia Cárdenas Reyes de García por ser la guía en mi vida, con su amor incondicional, paciencia, enseñanza, esfuerzo y sacrificios.
- MIS HERMANOS** Cesar Augusto García Cárdenas (QEPD) gracias por tus cuidados, amor y fortaleza, que con tu partida entendí el valor de la vida y a luchar para alcanzar las metas propuestas, a Erick Mauricio y Ottoniel Abraham por su cariño y apoyo incondicional, que este esfuerzo sirva de ejemplo para que puedan cumplir sus metas con esfuerzo y perseverancia, no importando las adversidades de la vida.
- MI ABUELITOS** Ismael Cárdenas (QEPD), Josefa Reyes (QEPD) y Concepción Rodríguez (QEPD), por brindarme una niñez muy feliz llena de cariño (Mayeco y Chepita).
- TÍAS** Dolores Porfidia, Marta Lidia y María Consuelo Cárdenas por su cariño y consejos, pero especialmente a Eva Nelía García, por su apoyo incondicional en todo momento.
- TIOS** Jorge Rosales, Álvaro Solís por su cariño.

PRIMOS (AS) Sergio (Qepd), Edwin, Gerardo, Álvaro, Roquelino, Mario, Roberto, Byron, Kevin, Cyndi, Carolina, Lesbia, Vivian, Glenda, Lucy, Alejandra, Marta María, Abigail, Lucrecia, Eva Nelia, Por su cariño y todos los buenos y malos momentos juntos.

JUAN PABLO MARROQUÍN Por su constante apoyo, comprensión pero sobre todo por el amor que me brinda cada día

MIS AMIGOS James Corzo, Walescka Xuya, Pamela Rosales, Andrea Molina, Susan, Iris Santos, Stephanie Soto, Pablo Zamora, David Gonzales, Rudy Guillermo, Jorge Tuche, Alejandro Ruiz, Diego Villanueva, Hansy Fuentes, Albin García, Elder Campos, Gerson Leiva, por la amistad brindada durante muchos años así como cariño, apoyo durante todo este camino.

MI PAÍS Amor y respeto

AGRADECIMIENTOS

A:

MI SUPERVISOR

Ing. Agr. Cesar Linneo García por su supervisión, asesoría profesional, su tiempo y apoyo en la realización del presente documento.

MI ASESOR

Phd. David Monterroso por su guía, sus sabios consejos, tiempo y apoyo para la realización de mi investigación.

CATEDRÁTICOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Gracias por compartir sus conocimientos y enseñarme el valor del saber.

NATURACEITES

Por abrirme las puertas y brindarme el apoyo en la realización del ejercicio profesional supervisado, con aprecio a Ing. Agr. Jorge Mario Corzo, Gerson Leiva, Elder Campos, Robín Rosales, Carlos Tobías, Oscar y todo el personal de campo

DOCUMENTO QUE DEDICO

A

DIOS

Por permitirme culminar una meta de tantas en mi vida

MIS PADRES

Cesar Augusto García Rodríguez, Mauricia Cárdenas de García porque
hasta hoy ven el fruto de sus esfuerzos

MI PAIS

Guatemala país de la eterna primavera

MIS PASTORES

Alejandro León y Estela de León

JUAN PABLO MARROQUÍN IXMATUL

Por su apoyo y amor en esta etapa de mi vida.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser mi alma mater

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Ser la cuna de mis conocimientos.

RESUMEN

Naturaceites es una empresa dedicada a la producción de aceites de palma africana (*Elaeis guinensis* Jacq) y sus derivados. Esta empresa surgió de la fusión de dos empresas: “Grasas y Aceites” e “Indesa”. Fue fundada en 1985, con la visión de una familia que creyó en el potencial de la industria de aceite en el mercado guatemalteco, dando como resultado, en 1986, el nacimiento de la primera planta de refinería de aceite vegetal en Escuintla, donde se procesaba aceite de girasol. La segunda inició por la visión de otra familia guatemalteca, que en 1998, decide incursionar en la producción de aceites de palma y palmiste. Ambas empresas vieron la necesidad de generar una integración vertical en la línea de producción de aceite, con el fin de ser más competitivos en el mercado guatemalteco y crean lo que ahora es Naturaceites .

Actualmente, esta empresa es dueña de seis fincas: Chapín, Pataxte, Río Zarco, Chabiland Sejú y Panacte, que se encuentran en el municipio del El Estor, departamento de Izabal, donde se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado en el departamento de investigación de la finca Pataxte, que cuenta con una extensión territorial de 1,000 ha dedicadas en su totalidad a la producción de palma, cuyas plantas en su mayoría tienen una edad de 14 años.

El primer apartado del presente documento, constituye el diagnóstico que se realizó en la finca Pataxte, y como objetivo principal fue identificar los principales componentes estructurales y al mismo tiempo identificar las deficiencias en el departamento de agrícola y la producción de palma africana. Las producciones de palma de aceite han incrementado cada día las cantidades de desechos naturales provenientes de la extracción de aceites. Dicho incremento presentó deficiencia en el aprovechamiento al cien por ciento del mismo ya que el espacio dedicado al manejo de desechos orgánicos no cuenta con área espacio suficiente para el manejo total del volumen de desechos orgánicos (raquis de palma) por dicho motivo se presentó la problemática del tiempo de compostaje del raquis de palma.

Como solución al problema la se planteó la realización de una investigación para caracterización de los microorganismos que interactúan en el proceso de compostaje. Entre estos se encontraron *Rhizopus*, *Metarhizium*, *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium*, que en condiciones especiales son considerados hongos fitopatógenos (enfermedades en las plantas), pero para la fabricación de compost son organismos de suma importancia por su alta actividad degradadora de celulosa y lignina.

Como último punto del trabajo de graduación se presentan los servicios prestados a la empresa. El primero constituye el cálculo de las proyecciones de producción de racimos del ciclo productivo 2012, en donde se estimó que los meses más productivos eran julio a octubre de 2012. El segundo servicio fue una investigación sobre el efecto que tiene la adición de silicio en diferentes dosis de fertilizante para aumentar el amarre del fruto al racimo y así disminuir las pérdidas durante la cosecha. Los resultados inmediatos demuestran que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las dosis, pero debido a que el proceso de absorción es muy lento, a esta investigación se le debe dar un seguimiento de al menos 4 años.

ÍNDICE

Contenido.....	página
1 CAPÍTULO I.....	1
DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA EMPRESA NATURACEITES EN FINCA PATAXTE EN EL MUNICIPIO DE EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL.	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Ubicación geográfica	4
1.2.2 Altimetría.....	5
1.2.3 Superficie geográfica	5
1.2.4 Vías de acceso	5
1.2.5 Suelos.....	6
1.2.6 Precipitación	6
1.2.7 Temperatura y velocidad del viento	6
1.3 OBJETIVOS.....	6
1.4 METODOLOGÍA	7
1.4.1 Fase de gabinete inicial	7
1.4.2 Fase de campo	7
1.4.3 Fase final gabinete.....	7
1.5 RESULTADOS.....	8
1.5.1 Caracterización	8
A. Breve reseña histórica de Naturaceites S.A.....	8
B. Visión	9
C. Organización de la empresa	9
D. Organización de finca Pataxte	10

Contenido.....	página
E. Medios de comunicación y transporte	10
F. Infraestructura y vivienda.....	11
G. Uso de la tierra	11
H. Densidad de siembra.....	11
I. Enfermedades y plagas	12
J. Manejo de arvenses	13
K. Cosecha y postcosecha	13
L. Compostera	13
1.5.2 Diagnóstico.....	14
A. Principales problemas	14
1.6 CONCLUSIONES	15
1.7 RECOMENDACIONES	15
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	16
2 CAPÍTULO II INVESTIGACIÓN:.....	17
CARACTERIZACIÓN A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS AISLADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE COMPOSTAJE DE RAQUIS DE PALMA ACEITERA (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) EN LA FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA C. A.....	17
2.1 INTRODUCCIÓN.....	18
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2.3 MARCO TEÓRICO	20
2.3.1 Marco conceptual	20
2.3.2 Generalidades del compost.....	20
2.3.3 Etapas del compost	23
A. Etapa mesofílica o activación	23

Contenido.....	página
B. Etapa termofílica o de calentamiento.....	24
C. Etapa pos-termofílica o de enfriamiento.....	24
D. Etapa de maduración.....	25
E. Beneficios del uso de compost.....	25
2.3.4 Factores de importancia en la elaboración del compost.....	26
A. Equilibrio Carbono/Nitrógeno.....	26
B. Temperatura.....	27
C. Humedad.....	28
D. pH.....	28
E. Aireación.....	29
F. Tamaño de la partícula.....	29
2.3.5 Propiedades físico químicas de los residuos compostables.....	30
A. Propiedades físicas.....	30
B. Propiedades químicas.....	30
2.3.6 Importancia de los inoculantes biológicos.....	31
A. Microorganismos patógenos.....	32
2.3.7 El compost y la fertilización química.....	33
2.3.8 Compostaje.....	33
2.3.9 El compost y su microbiología.....	35
A. Microbiología del compostaje.....	35
2.3.10 Microorganismos en compost.....	40
A. Bacterias.....	40
B. Actinobacterias.....	40
C. El grupo Thermus/Deinococcus.....	41

Contenido.....	página
D. Archae.....	41
E. Hongos.....	41
2.3.11 Balance del carbono y nitrógeno.....	42
2.4 MARCO REFERENCIAL.....	44
2.4.1 Ubicación geográfica del experimento.....	44
A. Hipsometría.....	45
B. Superficie geográfica.....	46
C. Vías de acceso.....	46
D. Suelos.....	46
E. Precipitación.....	46
F. Temperatura y velocidad del viento.....	46
G. Zona de vida.....	47
H. Uso actual de la tierra.....	47
2.5 Hipótesis.....	47
2.6 Objetivos.....	47
2.6.1 General.....	47
2.6.2 Específicos.....	48
2.7 METODOLOGÍA.....	48
2.7.1 Toma de muestras.....	48
2.7.2 Transporte de muestras a laboratorio.....	49
2.7.3 Aislamiento primario.....	49
2.7.4 Caracterización macro y microscópica.....	50
2.7.5 Aislamiento secundario o selección.....	50
2.7.6 Prueba de antagonismo.....	50

Contenido.....	página
2.7.7 Proceso de fermentación	51
A. Organismos termófilos	51
2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
2.8.1 Manejo de muestras	53
2.8.2 Caracterización de microorganismos en etapa mesófila.....	54
2.8.3 Rhizopus.....	55
A. Taxonomía	55
B. Características macroscópicas	56
C. Características microscópicas	57
2.8.4 Matarhizum	58
A. Taxonomía.....	58
B. Características macroscópicas	58
C. Características microscópicas	59
2.8.5 Fusarium.....	60
2.8.6 Taxonomía.....	60
A. Características macroscópicas	60
B. Características microscópicas	61
2.8.7 Aspergillus	62
A. Taxonómica	62
B. Características macroscópicas	62
C. Características microscópicas	63
2.8.8 Penicillum.....	64
A. Taxonómica	64
B. Características macroscópicas	64

Contenido.....	página
C. Características microscópicas	65
2.8.9 Caracterización de microorganismos etapa termófila	66
A. Caracterización macroscópica de etapa termófila	67
B. Caracterización de microorganismos en etapa Termófila.....	70
2.8.10 Pruebas de antagonismo	72
2.8.11 Multiplicación de bacterias.....	75
2.9 Discusión de resultados	77
2.10 Conclusiones	80
2.11 Recomendaciones.....	80
2.12 Bibliografía.....	81
2.13 Anexo	84
2.13.1 Medios de cultivo	84
2.13.2 Tipos de medios de cultivo	84
2.13.3 Preparación agar de dextrosa	85
2.13.4 Preparación de agar nutritivo y caldo nutritivo	86
2.13.5 Diluciones seriadas	86
2.13.6 Características macroscópicas.....	87
3 CAPITULO III.....	88
SERVICIOS REALIZADOS EN EMPRESA NATURACEITES S.A., FINCA PATAXTE EL ESTOR, IZABAL.....	88
3.1 Presentación.....	89
3.2 ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN REALIZANDO DISECCIONES DE PALMA ADULTA (<i>Elaeis Guineensis Jacq</i>) EN FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL.	90
3.2.1 CAPÍTULO.....	88
3.2.2 Objetivo	90

Contenido.....	página
A. General	90
B. Específico	90
3.2.3 Metodología	91
A. Fase de campo	91
B. Fase de gabinete	91
3.2.4 Resultados	91
3.2.5 Conclusiones	95
3.2.6 Bibliografías	96
3.2.7 Anexos	97
3.3 APLICACIÓN DE SILICIO GRANULADO DIRECTO AL SUELO EN EL PANTE 1-9 FINCA PATAXTE.	98
3.3.1 CAPÍTULO	98
3.3.2 Justificación	98
3.3.3 Objetivos	99
A. General	99
B. Específico.....	99
3.3.4 Metodología	99
3.3.5 Resultados	101
El experimentó se realizó en el pante 1-9 de la finca Pataxte.	101
3.3.6 Conclusiones	110
3.3.7 Recomendaciones	110
3.3.8 Bibliografía	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido.....	página
Figura 1. Mapa de ubicación de las fincas de Naturaceites S.A.	3
Figura 2. Diagrama organizacional de Naturaceites	9
Figura 3. Diagrama organizacional de finca Pataxte.....	10
Figura 4. Diluciones seriadas.....	54
Figura 5. Caracterización macro y microscópica de cepas aisladas.....	67
Figura 6. Prueba antagónica de la C2-C6 (izquierda) y de la C3-C5 (derecha).....	73
Figura 7. Prueba antagónica de la C4-C2 (izquierda) y de la C5-C4 (derecha).....	73
Figura 8. Prueba antagónica de la C6-C3 (izquierda) y de la C6-C5 (derecha).....	73
Figura 9. Prueba antagónica de la C6-C4 (izquierda) y de la C2-C4 y C5 (derecha).	74
Figura 10. Multiplicación de bacterias.....	77
Figura 11. Proyección de producción.....	94
Figura 12. Diseño de la parcela experimental.....	101
Figura 13. Gráfica comparativa de pesos de racimos por tratamiento por mes.	109

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido.....	página
Cuadro 1. Lugares aledaños a las fincas de Naturaceites S.A.....	4
Cuadro 2. Ubicación geográfica de las fincas de Naturaceites S.A.....	5
Cuadro 3. Efecto de la materia orgánica en el compost.....	22
Cuadro 4. Principales componentes de los materiales orgánicos para compostaje.....	39
Cuadro 5. Estadística descriptiva	52
Cuadro 6. Lecturas para multiplicación de bacterias.....	52
Cuadro 7. Lectura de muestras.....	53
Cuadro 8. Microorganismos.....	55
Cuadro 9. Clasificación taxonómica	55
Cuadro 10. Descripción morfológica de <i>Rhizopus sp.</i>	56
Cuadro 11. Vistas en microscopio de estructuras del género <i>Rhizopus</i>	57
Cuadro 12. Clasificación taxonómica	58
Cuadro 13. Descripción morfológica de <i>Rhizopus sp.</i>	58
Cuadro 14. Vistas en microscopio de estructuras del genero <i>Metarhizium</i>	59
Cuadro 15. Clasificación taxonómica	60
Cuadro 16. Descripción morfológica de <i>Fusarium</i>	60
Cuadro 17. Vistas en microscopio de estructuras del genero <i>Fusarium</i>	61
Cuadro 18. Clasificación taxonómica	62
Cuadro 19. Descripción morfológica de <i>Aspergillus</i>	62
Cuadro 20. Vistas en microscopio de estructuras del genero <i>Aspergillus</i>	63
Cuadro 21. Clasificación taxonómica	64
Cuadro 22. Descripción morfológica de <i>Penicillum</i>	64
Cuadro 23. Vistas en microscopio de estructuras del genero <i>Penicillum</i>	65
Cuadro 24. Lectura de muestras.....	66
Cuadro 25. Descripción morfológica de colonias bacterianas.....	68
Cuadro 26. Caracterización macroscópica por forma y color	70
Cuadro 27. Caracterización microscópica de bacterias	71
Cuadro 28. Caracterización microscópica con tensión de Gram y estructura.....	72

Contenido.....	página
Cuadro 29. Inhibición en pruebas de antagonismo.....	74
Cuadro 30. Lectura de muestras.....	75
Cuadro 31. Lecturas cada 24 horas de multiplicación de cepas.....	76
Cuadro 32. Clasificación de inflorescencia.....	92
Cuadro 33. Fecha de corte y formación de inflorescencia.....	93
Cuadro 34. Resumen de racimos de corte por mes.....	94
Cuadro 35. Resumen de porcentajes de inflorescencias existentes.....	95
Cuadro 36. Tratamientos.....	99
Cuadro 37. Parámetros de crecimiento.....	100
Cuadro 38. Boleta para el Conteo de racimos.....	100
Cuadro 39. Primera aplicación de fertilizante + silicio.....	103
Cuadro 40. Segunda aplicación de fertilizante + silicio.....	104
Cuadro 41. Tercera aplicación de fertilizante + silicio.....	105
Cuadro 42. Lectura de parámetro de crecimiento.....	106
Cuadro 43. Peso promedio de racimos por parcela.....	108
Cuadro 44. Resumen mensual.....	109

1 CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA EMPRESA NATURACEITES EN FINCA PATAXTE
EN EL MUNICIPIO DE EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL.

1.1 PRESENTACIÓN

Actualmente, Naturaceites es dueña de 6 fincas: Chapín, Pataxte, Río Zarco, Chabiland , Sejú, y Panacteque se encuentran en el municipio del Estor, departamento de Izabal. Estas fincas cuentan con una superficie de 6,000 hectáreas, aproximadamente.

El siguiente constituye el diagnóstico que se realizó durante el Ejercicio Profesional Supervisado, en la finca Pataxte, y tiene el objetivo principal realizar una descripción de los principales componentes y deficiencias del departamento de agrícola y la producción de palma africana. Los resultados se presentan a continuación.

1.2 MARCO REFERENCIAL

Naturaceites es una empresa que se dedica a la producción de aceite de Palma africana (*Elaeis guinensis* Jacq) y sus derivados. Esta empresa es dueña de 5 fincas: Chapín, Pataxte, Río Zarco, Chabiland y Sejú, que se encuentran en el municipio del Estor, departamento de Izabal (ver figura 1). Estas fincas cuentan con una superficie de 3,608.4 hectáreas, aproximadamente.

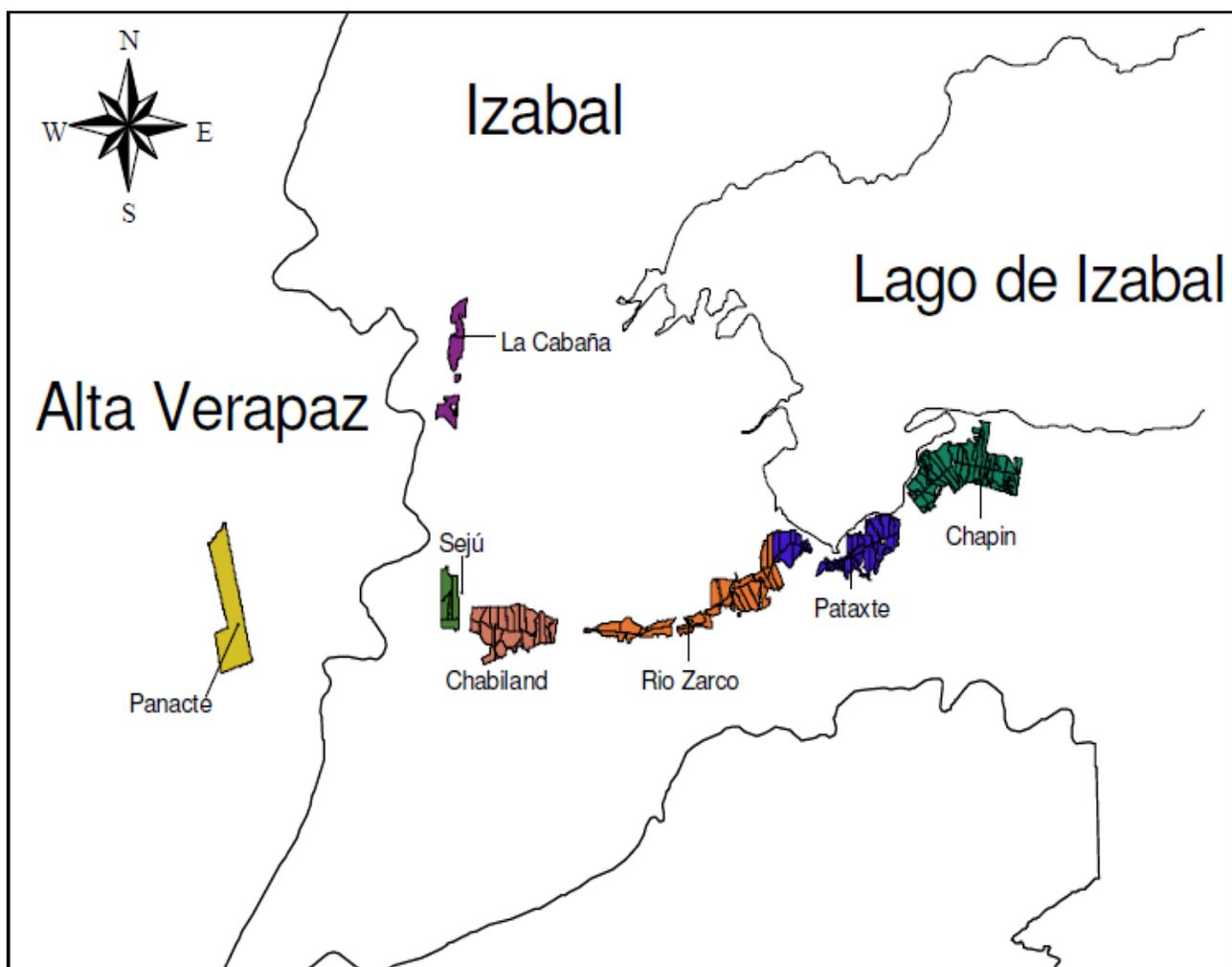


Figura 1. Mapa de ubicación de las fincas de Naturaceites S.A.
Fuente: Departamento de investigación INDESA Escala: 1:133,000

1.2.1 Ubicación geográfica

Las Fincas se ubican en el municipio de El Estor, departamento de Izabal. Se encuentran situadas en la región nororiente. En el cuadro siguiente se especifican los lugares aledaños a cada una de las fincas de Naturaceites

Cuadro 1. Lugares aledaños a las fincas de Naturaceites S.A.

DEPARTAMENTO, MUNICIPIO LUGAR POBLADO	ALEDAÑA A LA FINCA	CATEGORÍA
CHINEBAL	CHABILAND	CASERIO
COLONIA SANTIAGUITO	CHABILAND	FINCA
EL MANGUITO I	CHABILAND	CASERIO
EL MANGUITO II	CHABILAND	CASERIO
LOS ANGELES PENCALA	CHABILAND	FINCA
SAN MIGUEL	CHABILAND	FINCA
SEMOCOCH	CHABILAND	CASERIO
SEMUY I	CHABILAND	CASERIO
BALANDRA	CHAPIN	CASERIO
CHAPIN ARRIBA	CHAPIN	CASERIO
CHAPIN ABAJO	CHAPIN	CASERIO
GUARITA	CHAPIN	CASERIO
PLAYA PATAXTE	PATAXTE	CASERIO
NUEVA JERUSALEN	PATAXTE	FINCA
EL NARANJA	RIO ZARCO	CASERIO

Fuente: Departamento de investigación INDESA

Las fincas se encuentran entre las siguientes latitudes y longitudes:

Cuadro 2. Ubicación geográfica de las fincas de Naturaceites S.A.

CHAPÍN			
15°22`30" N	89°15`57" O	15°23`16" N	89°12`42" O
PATAXTE			
15°21`07" N	89°20`28" O	15°22`14" N	89°16`18" O
RÍO ZARCO			
15°19`11" N	89°25`59" O	15°20`06" N	89°21`52" O
CHABILAND			
15°19`32" N	89°29`25" O	15°19`30" N	89°26`44" O
SEJÚ			
15°29`34" N	89°29`59" O		

Fuente: Departamento de investigación INDESA

1.2.2 Altimetría

Según las hojas cartográficas Río Polochic 2362 II y Mariscos 2362 III, a escala 1:50,000, el área de estudio de las fincas presentan altitudes que varían desde 5 a 16 metros sobre el nivel del mar –msnm-.

1.2.3 Superficie geográfica

Las 5 fincas de Naturaceites poseen una superficie territorial de 6,000 hectáreas, siendo 4,720 hectáreas destinadas al cultivo de palma.

1.2.4 Vías de acceso

La principal carretera que conduce hacia Naturaceites es: CA-9, que conduce hacia la cabecera departamental de Puerto Barrios. En el kilómetro 218, cerca de la finca trincheras, se toma un desvío hacia la izquierda camino a la aldea Mariscos; Luego 40 kilómetros de terracería hacia la finca el Chapín, pasando por Pataxte, inmediatamente Río Zarco, posteriormente Chabiland, terminando en Sejú, Panacte y La Cabaña. También se puede llegar vía acuática a través del Lago de Izabal embarcándose en la Aldea Mariscos.

1.2.5 Suelos

Según Simmons (1), los suelos de la zona corresponden a la serie de suelos INCA. Son suelos Aluviales profundos, mal drenados, que están desarrollados en un clima cálido y húmedo. Ocupan relieves planos a elevaciones bajas en el este de Guatemala. Se asemejan a los suelos del Polochic que se encuentran en el valle del mismo nombre, pero estos son calcáreos y menos micáceos que los Inca. La vegetación natural consistió en un bosque alto con maleza baja y densa.

1.2.6 Precipitación

La precipitación pluvial varía entre 2,500 a 3,000 mm anuales. La biotemperatura media anual para esta zona varía entre 21°C y 25°C, según la estación meteorológica de la empresa INDESA.

1.2.7 Temperatura y velocidad del viento

La temperatura mínima anual de la zona es de 20.7°C y la máxima anual es 33.1 °C. Y la velocidad del viento es 2.0 Km/h según el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

1.3 OBJETIVOS

1.2.1. General

- Realizar una descripción de los principales problemas del departamento de experimentación agrícola y la producción de palma africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en finca Pataxte, en el municipio del Estor, del departamento de Izabal.

1.2.2. Específicos

- Describir la situación actual en la que se encuentra la finca Pataxte de Naturaceites
- Identificar los principales problemas que afronta el cultivo de la palma en la finca Pataxte.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Fase de gabinete inicial

El primer paso fue realizar una consulta sobre información del área de estudio, se entrevistó a cada encargado de las diversas aéreas en la que se divide el departamento agrícola de la empresa Naturaceites

- Ing. Agr. Jorge Mario Corzo (Gerente del departamento de TECNICO AGRICOLA)
- P. Agr. Gerson Leiva (Auxiliar del departamento de Investigación y Monitoreo)
- P. Agr. Elder Campos (Auxiliar del departamento de Investigación y Monitoreo)
- Ing. Agro Nohemi del cid (auxiliar del departamento de compostaje)
- Benjamin Quinich Izem (Laboratorista)
- Federico Pop (Compostera)

Se definieron aspectos a investigar en los procesos de producción que se realizan en la finca, a partir de lo cual se establecieron las variables a tomar en cuenta para la realización del diagnostico.

1.4.2 Fase de campo

Se hizo un reconocimiento en campo del área de producción viendo los aspectos más importantes de la finca.

1.4.3 Fase final gabinete

Con los datos recopilados en el reconocimiento en campo de la finca y los de la fase de gabinete inicial, se realizó una caracterización, que sirvió de base para hacer el diagnóstico, en donde se identificaron los principales problemas y las ventajas que tiene la finca para resolverlos.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Caracterización

A. Breve reseña histórica de Naturaceites S.A.

Naturaceites surge de la fusión de dos empresas: Grasas y Aceites e Indesa. La primera fue fundada en 1985, con la visión de una familia que creyó en el potencial de la industria de aceite en el mercado guatemalteco, dando como resultado, en 1986, el nacimiento de la primera planta de refinería de aceite vegetal en Escuintla, donde se procesaba aceite de girasol. La segunda inició por la visión de otra familia guatemalteca, que en 1998, decide incursionar en la producción de aceites de palma y palmiste, con la primera siembra de cultivo de palma en la región del Polochic, en tierras que solamente se utilizaban para la producción de ganado. Ambas empresas vieron la necesidad de generar una integración vertical en la línea de producción de aceite, con el fin de ser más competitivos en el mercado guatemalteco y crean lo que ahora es Naturaceites S.A.

Naturaceites es una empresa dedicada al cultivo, producción, extracción, refinamiento y comercialización de aceite comestible, manteca y margarina a base de fruto de palma y otros aceites vegetales. Actualmente opera en 3 áreas agrícolas, ubicadas en Fray Bartolomé de las Casas en Alta Verapaz, El Estor en Izabal y San Luis en Petén, dos plantas extractoras, una en Fray Bartolomé de las Casas y otra en El Estor y una planta refinadora en Escuintla, donde sale el producto terminado hacia sus distintos consumidores.

Naturaceites cuenta con cinco centros de distribución en el país y uno de El Salvador, trabaja bajo un modelo de negocios incluyente de arrendamiento, productores independientes y plantaciones propias entre las que se encuentra la finca Pataxte. Cuenta con presencia de sus productos en Guatemala, El Salvador, Honduras y Cuba, encontrándose también en proceso de expansión hacia el mercado mexicano y El Caribe,

consolidándose como una empresa sólida en el sector de la agroindustria de la palma aceitera, bajo sus marcas líderes Capullo, Cora y Great Taste.

B. Visión

Ser una empresa de la agroindustria de palma aceitera de crecimiento constante con un modelo de negocio íntegro, eficiente e innovador, creando beneficios evidentes para nuestros clientes, comunidades, productores asociados, colaboradores, inversionistas y el ambiente.

C. Organización de la empresa

La empresa Naturaceites tiene como representante principal un Gerente General, el cual tiene a su cargo a un Gerente Agrícola, un Gerente Administrativo, un Gerente de planta y un Gerente de Recursos Humanos. El gerente agrícola está a cargo del Departamento de Investigación Agrícola, del administrador de las fincas Chapín y Pataxte; y del administrador de las fincas Río Zarco y Chabiland.

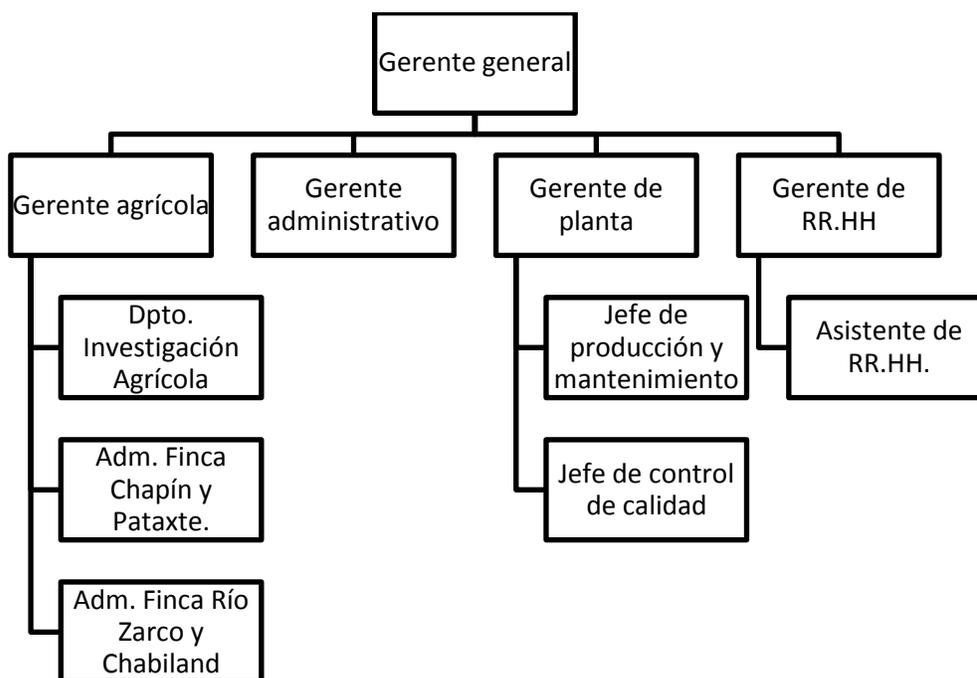


Figura 2. Diagrama organizacional de Naturaceites .

D. Organización de finca Pataxte

La finca Pataxte está constituida por un Administrador de finca, el cual tiene a su cargo un Contador, Caporal de Cosecha, Caporal de mantenimiento, Caporal de fertilización y el operador de tractor, el encargado de bueyes y encargado de efluentes. De ahí, cada área tiene varios trabajadores según sea la necesidad (ver figura 3).

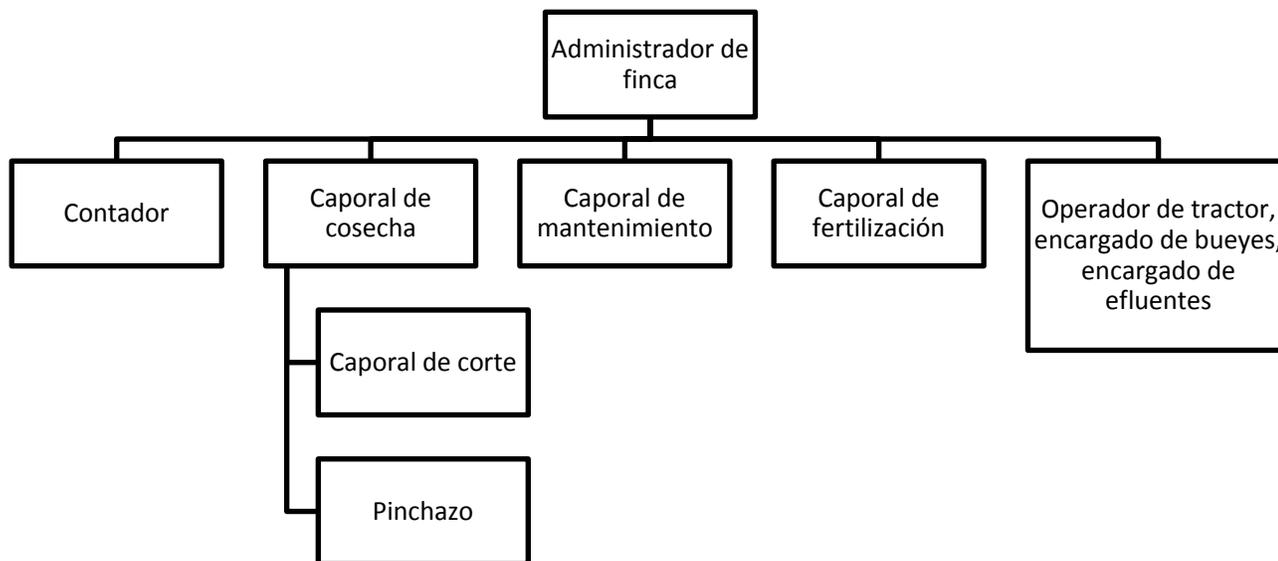


Figura 3. Diagrama organizacional de finca Pataxte.

Finca Pataxte cuenta con sus oficinas administrativas, una planta extractora de aceite de palma; y tiene su propio centro de operaciones donde se cumplen las normas y políticas de trabajo del área agrícola, las cuales son definidas por la gerencia agrícola.

E. Medios de comunicación y transporte

Los principales medios de comunicación que se utilizan son: el teléfono, la radio e internet.

Los principales medios de transporte son camiones, vehículos tipo agrícola y motocicletas. Los traslados de personal son gestionados por parte de la gerencia administrativa o el administrador de finca, los cuales se dan en horarios fijos entrando y saliendo en camión.

Cada uno de los departamentos posee sus vehículos (moto y/o carro); y el caporal encargado de la cosecha dispone de una moto que le permite desplazarse en el área de trabajo.

F. Infraestructura y vivienda

Finca Pataxte cuenta con:

- Una vivienda gerencial, en donde son ubicados los gerentes de las distintas áreas, con todos los servicios básicos necesarios y televisión.
- Una casa de huéspedes en donde se ofrecen todos los servicios básicos necesarios.
- Habitaciones de colaboradores con sus servicios básicos.
- Una casa habitacional en el casco urbano central, en donde se encuentra la oficina contable.
- Un servicio de cocina y comedor.
- Una bodega para guardar herramientas, equipo de trabajo e insumos.
- Un botiquín para el almacenamiento y protección de medicamentos. Este se encuentra en la oficina de contabilidad.

G. Uso de la tierra

El área de la finca Pataxte es de 1000 ha, las cuales son utilizadas casi en su totalidad para la producción de la palma y 2.8 ha son destinadas para la elaboración de compost.

H. Densidad de siembra

La densidad de siembra es de 143 palmas / ha, habiendo en total aproximadamente 143,000 palmas en toda la finca. Estas plantas en Pataxte tienen una edad de 14 años.

I. Enfermedades y plagas

Enfermedades: anillo rojo. Es una de las enfermedades más graves de la palma de aceite, tiene carácter letal y es causado por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*. Esta enfermedad ha sido responsable de la pérdida de grandes áreas de palma en Centro y Sur América, aunque Naturaceites no ha tenido pérdidas significativas por esta enfermedad.

El manejo de esta enfermedad se produce a través de tres prácticas: 1) revisión sistemática de las plantas. 2) erradicación de palmas enfermas. 3) captura del picudo (*Rhynchophorus palmarum*), que constituye el principal vector de la enfermedad.

La pestalotiopsis o añublo foliar es causada por el hongo *Pestalotiopsis palmarum* y su incidencia es mayor en la temporada de lluvias y alta humedad. Esta enfermedad es uno de los problemas fitosanitarios más importantes del follaje de la palma, y que puede reducir la capacidad de producción de fruta fresca hasta en un 40 % dependiendo del grado de defoliación que provoque.

Para el manejo de esta enfermedad, se considera importante el tratamiento de los insectos facilitadores, con el fin de que la palma desarrolle mayor tolerancia al daño físico producido por insectos como la chinche *Speudacysta* y la posterior entrada del hongo a la planta. El manejo constituye en establecer cercos de raquis de las hojas de palma para incrementar las poblaciones de hormigas (*Crematogaster spp*), las cuales son depredadoras de ninfas y adultos de la chinche *Speudacysta spp*. También se siembran plantas de barajo o zambrano (*Cassia reticulata*) y otras plantas en cuyos tallos se pueda nidificar la hormiga *Crematogaster*, se hace uso de control biológico *Bacillus thuringiensis*, de trampas, se hace un control selectivo de malezas y se eliminan los nichos de estos insectos. Por otra parte, para disminuir directamente la incidencia de la enfermedad, en la plantación se implementan sistemas de drenaje para disminuir la alta humedad, se realizan podas fitosanitarias y se erradican palmas espontáneas que puedan ser un foco de infección.

J. Manejo de arvenses

Se realiza de forma manual, utilizando machetes. También se utiliza el herbicida selectivo posemergente Gesapax.

K. Cosecha y postcosecha

En finca Pataxte, las palmas tienen una altura de 15m, por lo que en la cosecha se utiliza un malayo (vara con guadaña en la punta) para cortar los racimos. Estos son llevados en carreta o camión hacia la planta procesadora, en donde son pesados. Posteriormente se introducen en autoclaves, en donde son deshidratados con vapor de agua a 170°C con el fin de suavizar la unión entre el fruto y el raquis. Después, estos son llevados a tambores rotativos que hacen que la fruta se separe del racimo. Los raquis son enviados a la compostera mientras los frutos o coquitos, siguen el proceso para la extracción de aceite en una prensa.

El rendimiento de cada palma es en promedio de 16 a 18 Tm, habiendo algunas que producen un máximo de 28-31 Tm. La producción total anual del año 2010 fue de 128,848 Tm. Del 100% del peso de los racimos, aproximadamente el 83 % lo constituye el fruto y el 17 % restante es del raquis.

L. Compostera

La compostera tiene un área aproximada a 2.8 ha. El material con el que se elabora el compost es el raquis, que es uno de los residuos que quedan del proceso de extracción de aceite, y se utiliza con el fin de aprovechar los nutrientes para futuras producciones y las ventajas que ofrecen las propiedades de la materia orgánica en el suelo..

1.5.2 Diagnóstico

A. Principales problemas

El lugar en donde se realizó el EPS fue en el área experimental. Con el trabajo que se ha estado realizando en la finca, en esta área se vio la necesidad de realizar varios experimentos con el fin de resolver los problemas:

- Con los datos recopilados, se encontró que el aprovechamiento de los residuos de raquis de palma no fueron aprovechados al cien por ciento durante el periodo 2009- 2010, sino del setenta y dos por ciento, considerado bajo. Además, el tiempo de compostaje de cada cama oscila entre 11 a 13 semanas, lo cual se considera muy tardado y se hace necesario disminuirlo.
- Debido al crecimiento de las plantas de palma, las labores de manejo de malezas que se practican en la finca (prácticas manuales) son cada vez más difíciles de realizar. Además el herbicida utilizado comúnmente, es un herbicida pos emergente, lo cual permite un periodo de crecimiento de las malezas que puede servir como hospederos para los insectos que son vectores o facilitadores de las enfermedades del anillo rojo y Pestalotiopsis.
- Con el fin de gestionar mejor las labores, es necesario realizar cada año una estimación de la producción del siguiente ciclo productivo.
- Al momento de la cosecha, al cortar el racimo y este impactar el suelo, existe cierta cantidad de frutos que se desprenden y son considerados como pérdida porque es más costosa su recolección.

1.6 CONCLUSIONES

- En el año 2010, Pataxte produjo 128,848 Tm de racimos de palma, con un 17 % de raquis. El rendimiento de cada palma es en promedio de 16 a 18 Tm, habiendo algunas que producen un máximo de 28-31 Tm. Aunque satisfactoria, aún es posible aumentar esta producción.
- Entre los principales problemas que afronta el cultivo de la palma en la finca Pataxte se encuentran el poco aprovechamiento del raquis como material de compostaje y la tardanza del proceso de elaboración; la necesidad de encontrar alternativas a las actuales prácticas de manejo de malezas, la necesidad de estimar la producción del siguiente ciclo productivo y la necesidad de disminuir la pérdida de frutos en el momento de la cosecha.

1.7 RECOMENDACIONES

- Realizar una caracterización de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje, con el fin de tener una base para realizar un mejor manejo, aumentar el aprovechamiento del raquis y disminuir el tiempo del proceso de elaboración.
- Evaluar la efectividad del herbicida preemergente reglone, con el fin de prevenir el surgimiento de malezas.
- Realizar la estimación de la producción del siguiente ciclo productivo.
- Evaluar diferentes dosis de fertilizante con silicio, que es un elemento que incide en el amarre del fruto y podría disminuir las pérdidas que se generan en la cosecha.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Barrios, H. 2007. Manejo del cultivo de palma africana (entrevista). El Estor, Izabal, Guatemala, INDESA (Investigaciones de Desarrollo, S.A.), Administración finca El Pataxte.
2. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.



Rolando Barrios.

**2 CAPÍTULO III INVESTIGACIÓN:
CARACTERIZACIÓN A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LOS
MICROORGANISMOS AISLADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE
COMPOSTAJE DE RAQUIS DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN
LA FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA C. A.**

2.1 INTRODUCCIÓN

El compostaje es un proceso realizado con desechos sólidos, en el cual los componentes orgánicos se descomponen biológicamente bajo condiciones aerobias controladas; la temperatura alcanzada destruye patógenos humanos, virus y fitopatógenos, donde el resultado es un producto que reduce en masa y volumen los desechos orgánicos, y permite la biodegradación de algunos compuestos tóxicos y contaminantes orgánicos que puede ser manipulado, fácilmente almacenado y al aplicarlo en la tierra no va a ocasionar un daño en el medio ambiente. (Beltran. S2005).

Existen procesos de transformación de estos residuos como el compostaje que nos permite utilizar los residuos agro-industriales. Los residuos de los procesos de extracción de aceites de palma son altamente compuestos por celulosa, esta característica de los residuos permite el desarrollo de estrategias para el aprovechamiento de los mismos, basadas en la producción de compost. Sin embargo, las altas cantidades de materia orgánica (raquis), el tiempo necesario de transformación (11-13 semanas) y la limitante de espacio. Son los factores que limitan el aprovechamiento máximo de la materia prima. Es por ello que se requiere implementar técnicas de aceleración para descomposición del raquis y así poder incrementar el aprovechamiento de los residuos y disminuir el tiempo de descomposición.

Para lograr acelerar dicho proceso se implementaron técnicas de aislamiento y caracterización de los microorganismos que realizan la descomposición del raquis en las diferentes etapas del compostaje. Se realizaron muestreos en pilas de compostaje que se encuentran en las diferentes etapas de descomposición (mesofila, termófila post-termofila); las muestras fueron trasladadas a laboratorio ubicado en el casco de la finca Pataxte, para iniciar el proceso de aislamiento y caracterización de microorganismos. Con este proceso se espera obtener que el tiempo de compostaje pueda reducirse y así incrementar la fabricación de compost y disminuir la pérdida de materia prima.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El compostaje de desechos provenientes de la agroindustria es un proceso que en condiciones naturales es muy prolongado, además de que en condiciones naturales la descomposición de esta materia es una fuente de contaminación para el ambiente.

En la Finca Pataxte, la cantidad de materia prima para el compostaje, producida en la actividad agroindustrial es superior a la capacidad del área destinada a este trabajo, por lo cual se evalúan metodologías para acelerar el proceso de compostaje. Una de las metodologías con las cuales se pretende disminuir el proceso de compostaje es la inoculación de la materia prima con microorganismos extraídos del proceso de descomposición natural del raquis de palma y con esto contar con el área suficiente para manejar todos los desechos producidos y además poder cubrir la demanda de abono orgánico existente en las Fincas, y así mismo la disminución de la aplicación directa de raquis al campo.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Marco conceptual

El compostaje es la descomposición biológica y la estabilización de sustratos orgánicos, bajo condiciones controladas que desarrollan temperaturas termófilas como un resultado de calor producido biológicamente y genera un producto final que es estable, libre de patógenos y semillas de plantas y puede ser aplicado benéficamente al suelo. En el compostaje la fase sólida del material orgánico sirve de soporte físico, matriz de intercambio de gases, fuente de nutrientes orgánicos e inorgánicos, vertederos para los productores residuales metabólicos y aislamiento térmico (Cepeda; Valencia; 2007).

Los principales objetivos del proceso son estabilizar materia orgánica, conservar la mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica como sea posible, y generar un producto uniforme y relativamente seco conveniente para usar como acondicionador de suelo y suplemento para jardines o para disponer en tierra (Cepeda; Valencia; 2007).

2.3.2 Generalidades del compost

El compostaje es la descomposición biológica y la estabilización de sustratos orgánicos, bajo condiciones controladas que desarrollan temperaturas termófilas como un resultado del calor producido biológicamente, y genera un producto final que es estable, libre de patógenos y semillas de plantas, y puede ser aplicado benéficamente al suelo (Sylvia *et al.* 1998).

Los principales objetivos del compostaje son estabilizar materia orgánica putrescible, conservar la mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica como sea posible, y generar un producto uniforme y relativamente seco conveniente para usar como acondicionador de suelo y suplemento para jardines o para disponer en tierra.

Los residuos orgánicos suelen consistir en una amplia gama de diferentes materiales, desde los más sencillos como aminoácidos, proteínas, azúcares, grasas, hasta

los más complejos y recalcitrantes como celulosa, hemicelulosa y lignina (Alexander 1980).

En el compostaje, esta fase sólida del material orgánico sirve de soporte físico, matriz de intercambio de gases, fuente de nutrientes orgánicos e inorgánicos, vertederos para los productos residuales metabólicos y aislamiento térmico (Sylvia et al. 1998).

Inicialmente, la materia orgánica seleccionada es atacada por microorganismos descomponedores cuyo crecimiento exotérmico eleva la temperatura de la masa hasta los 75°C. En esta fase se seleccionan microorganismos termófilos y aerobios debido a los sucesivos volteos de la masa en la zona de fermentación. Durante esta primera fase termófila con una duración aproximada de 15 días (varía de acuerdo con los residuos) se eliminan los patógenos, larvas de insectos y semillas de malezas, garantizándose de esta forma sanitariamente el producto final obtenido (Sylvia et al. 1998). La eliminación total de los patógenos concluye con la acción antibiótica generada por numerosos hongos y Actinomycetes aerobios (Alexander 1980).

Posteriormente, el producto comienza la fase de maduración en la que se continúa el volteo hasta que se obtiene un producto estable de aspecto oscuro similar a la turba y cuyas propiedades agronómicas son comparables a las del estiércol, por tratarse en ambos casos de materia orgánica (Alexander 1980).

Aunque el nitrógeno amoniacal se pierde durante el proceso de compostaje, otros nutrientes tales como el fósforo, potasio, trazas de elementos y algo del nitrógeno orgánico son conservados. Algunos son adsorbidos sobre las fibras de la materia en los residuos y otros son incorporados en el material húmico formado por los organismos. Cuando el compost es aplicado al suelo, los nutrientes son liberados lentamente y hechos disponibles para las plantas por largos períodos de tiempo.

Cuadro 3. Efecto de la materia orgánica en el compost.

PROPIEDADES DEL SUELO	EFFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA COMPOSTADA	
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la capacidad calorífica. • Aumento de la capacidad de retención hídrica. • Reducción de las oscilaciones térmicas. • Da soltura a los suelos arcillosos y cohesión a los arenosos. • Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa. • Mejora el balance hídrico. • Reduce la erosión. • Reduce la evaporación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos más calientes en primavera. • Agregación de las partículas elementales. • Aumenta la estabilidad estructural. • Facilita el drenaje. • Suelos menos encharcados.
Químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el poder tampón. • Aumenta la capacidad de intercambio catiónico. • Forma fosfohumatos. • Mantiene las reservas de nitrógeno. • Regula el pH. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene los cationes de forma cambiante. • Forma quelatos.
Biológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Favorece la respiración radicular. • Regula la actividad microbiana. 	<ul style="list-style-type: none"> • El CO₂ desprendido favorece la solubilización de compuestos minerales.

	<ul style="list-style-type: none"> • Modifica la actividad enzimática. • Favorece el estado sanitario de los órganos subterráneos. • Es fuente de energía para los organismos heterótrofos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorece la germinación de las semillas. • Mejora la nutrición mineral. • Activa la rizogénesis.
--	--	--

Fuente: (Urbano 1992 citado por Negro 2003).

2.3.3 Etapas del compost

A. Etapa mesofílica o activación

En esta etapa abundan las bacterias mesofílicas y hongos mesofílicos. El número de actinomicetos permanece relativamente bajo. Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos la temperatura aumenta hasta 40°C, el pH disminuye desde un valor neutro hasta 5.5-6 debido a la descomposición de lípidos y glúcidos en ácidos pirúvicos y de proteínas en aminoácidos, lo que favorece la aparición de hongos mesofílicos más tolerantes a las variaciones del pH y humedad. En esta etapa la relación C/N es de especial importancia ya que el carbono aportará la energía a los microorganismos y el nitrógeno es esencial para la síntesis de nuevas moléculas, por ello la relación debe estar entorno 30, si superamos esta proporción la actividad biológica disminuye, mientras que proporciones superiores de N provocan el agotamiento rápido del oxígeno, y la pérdida del exceso en forma de amoníaco, tóxico para la población bacteriana o por lixiviados. El color en esta etapa aun es del color de la materia prima y de olor a descomposición.

La humedad y ventilación del compostaje son esenciales para maximizar la actividad microbiana y por consiguiente el proceso en general. La primera se debe mantener siempre entorno 40-60%, ya que el agua distribuye los nutrientes por la masa (C, N, P, K,

B, Ca, Mg, Na, etc.). La ventilación debe ser adecuada sobre todo en las tres primeras etapas y con residuos densos y ricos en N, pero nunca excesiva ya que al igual que el sol puede secar demasiado la pila de materia a tratar. Si la selección inicial del residuo no fue adecuada o su área superficial es muy reducida debido a que el tamaño de las partículas es excesivamente grande o pequeño, la ventilación formará caminos preferenciales quedando otras zonas en ausencia de oxígeno. (Norella, C)

B. Etapa termofílica o de calentamiento

La temperatura continua ascendiendo hasta llegar a valores de 75°C, las poblaciones de bacterias y hongos mesofílicos mueren o permanecen en estado de dormancia mientras que las bacterias termofílicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. La degradación de los ácidos obtenidos en la etapa anterior provoca el incremento del pH pasando desde 5.5 hasta 7.5 donde permanecerá casi constante hasta el final del proceso, el color del compost se pone más oscuro paulatinamente y el olor original se comienza a sustituir por olor a tierra. Es en esta etapa cuando comienza la esterilización del residuo debido a las altas temperaturas, la mayoría de las semillas y patógenos como E.Coli mueren al estar sometidos durante días a temperaturas superiores a 55°C. (Norella, C; 2006).

C. Etapa pos-termofílica o de enfriamiento

Una vez que los nutrientes y energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la pila descende desde los 75°C hasta la temperatura ambiente, provocando la muerte de los anteriores y la reaparición de microorganismos mesofílicos al pasar por los 40-45°C, estos dominarán el proceso hasta que toda la energía sea utilizada. (Norella, C; 2006)

D. Etapa de maduración

La temperatura y pH se estabilizan, si el pH es ácido nos indica que el compost no está aún maduro, los actinomicetos adquieren especial importancia en la formación ácidos húmicos y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos, mientras que los microorganismos tales como nematodos, rotíferos, escarabajos, lombrices etc., incrementan su actividad desempeñando la función de remover, excavar, moler, masticar y en general romper físicamente los materiales incrementando el área superficial de estos para permitir el acceso de los microorganismos. El color del producto final debe ser negro o marrón oscuro y su olor a tierra de bosque, además ya no debemos reconocer los residuos iniciales. (Norella, C; 2006)

E. Beneficios del uso de compost

El compost se obtiene industrialmente por la transformación biológica de la materia orgánica. De esta transformación resulta un bio abono o acondicionador de suelos, apto según las características fisicoquímicas y microbiológicas, para la fertilización, tanto por la mejora del suelo como soporte fisicoquímico, como en relación con la capacidad de retención de agua y presencia de agregados y microorganismos (Cepeda; Valencia; 2007). Los ácidos resultantes de los procesos de degradación de la materia orgánica disuelven parte de los productos minerales del suelo y los hacen aprovechables para la nutrición de las plantas. Los organismos actúan como promotores de crecimiento, controladores biológicos y remediadores de suelo (Cepeda; Valencia; 2007).

El nitrógeno contenido en el compost se encuentra en forma asimilable por las raíces y puede ser retenido en el horizonte A – B (capa cultivable del suelo), evitando ser arrastrado por las aguas de lluvia o de riego a capas más profundas fuera del alcance del sistema radicular (Cepeda; Valencia; 2007).

Igualmente, la modificación de las características físico – químicas del terreno hace que se incremente el grado de disponibilidad del fosforo y potasio para la planta (Cepeda; Valencia; 2007).

El compost incorpora al terreno micro y macro elementos que son muy necesarios para la actividad y desarrollo vegetativo de las plantas. Otra característica importante es que reduce la necesidad de pesticidas químicos al producir plantas saludables que son menos atacables por plagas de insectos, enfermedades y heladas (Cepeda; Valencia; 2007).

Físicamente, la aplicación de compost reduce la erosión y mejora la estructura del suelo, la retención de agua y el drenaje (Cepeda; Valencia; 2007).

2.3.4 Factores de importancia en la elaboración del compost

Hay varias condiciones críticas para la elaboración óptima de compost. Debe haber una humedad adecuada (50 – 60 %), evitando el exceso (70% o superior), puesto que interfiere con la aireación y reduce el auto calentamiento. La relación carbono - nitrógeno no debería ser mayor de 40:1 (Cepeda; Valencia; 2007).

A. Equilibrio Carbono/Nitrógeno

En la composición elemental del sustrato, se encuentra la cantidad relativa de carbono, nitrógeno, fosforo, azufre y otros nutrientes. Además de la composición, es necesario conocer la calidad de los sustratos para determinar el rango de descomposición

Conviene mezclar materiales de origen vegetal y animal para procurar un contenido aceptable d todos los nutrientes esenciales. Es importante mantener un buen equilibrio entre los materiales ricos en carbono y los ricos en nitrógeno, para que la relación C/N se mantenga entre 25 y 35. Una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de N ocasiona fermentaciones no deseables. La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina y en azucares. El nitrógeno será aportado por el estiércol, el purín, las leguminosas verdes y los restos de animales de mataderos. Todo se debe mezclar de

manera tan homogénea como sea posible, materiales pobres y ricos en nitrógeno, y materiales secos y húmedos (Cepeda; Valencia; 2007).

Un contenido menor de nitrógeno no permite la formación de biomasa microbiana suficiente. Una proporción excesiva de nitrógeno (C/N= 25:1 o menos) causa la volatilización del amonio, produce malos olores, y baja el valor de fertilizante del compost resultante (Cepeda; Valencia; 2007).

B. Temperatura

Al inicio del proceso se degrada gran cantidad de calor, etapa termófila, la temperatura en el material a composta puede subir hasta los 60 o 70 ° C, la actividad bacteriana aumenta rápidamente. Debido al aumento de temperaturas, una gran cantidad de agua del material se evapora. El oxígeno tiene que llegar a todo el material, por lo que el material requiere de una buena ventilación. En esta etapa los microorganismos atacan la materia más fácilmente biodegradable (Cepeda; Valencia; 2007).

La actividad metabólica de los microorganismos al actuar sobre los sustratos orgánicos, libera energía. Parte de la energía generada al interior de la pila de compostaje es utilizada por los microorganismos y otra parte es liberada al ambiente en forma de calor, es por esto que el incremento de la temperatura es reflejo de la actividad microbiana sobre la materia orgánica. Uno de los efectos de la temperatura sobre la pila de compostaje es la eliminación de microorganismos patógenos (Cepeda; Valencia; 2007).

Es importante tener en cuenta que para determinado grupo de microorganismos existen rangos de temperatura y tiempos de exposición (Cepeda; Valencia; 2007).

El diseño de un proceso de compostaje debe tener en cuenta la destrucción de patógenos, ya que la presencia de ellos afecta los cambios normales de temperatura (Cepeda; Valencia; 2007).

Estos organismos prefieren temperaturas por debajo de los 42 ° C, ya que normalmente viven a la temperatura corporal del hombre y animales, o a la temperatura ambiental de las plantas. En la fase termofílica del compostaje se busca eliminar patógenos con el fin de minimizar focos de contaminación y establecer un bio abono óptimo para ser aplicado a cultivos de consumo directo (Cepeda; Valencia; 2007).

Las técnicas para la preparación de compost se les señalan como muy efectivas para el control de microorganismos patógenos y la tasa de mortalidad de estos microorganismos está en función del tiempo y la temperatura. Cuando el proceso de compostaje funciona correctamente se pone de manifiesto que la mayoría de los organismos patógenos mueren cuando se exponen todas las partes de la pila a temperaturas de 55 ° C (Cepeda; Valencia; 2007).

C. Humedad

El agua es requerida por los microorganismos para desarrollar sus funciones metabólicas, además, es utilizada como vehículo de transporte de nutrientes y productos de desecho (Cepeda; Valencia; 2007).

En la pila de compostaje, el balance de la humedad es importante, ya que bajos valores afectan el metabolismo microbiano, mientras que altos valores de humedad, conllevan a la acumulación de agua en las cavidades intersticiales, dificultando la difusión de O₂ y favoreciendo las condiciones de anaerobiosis (Cepeda; Valencia; 2007).

D. pH

El valor de pH no solo determina la existencia de una ecología microbiana particular sino que su nivel y sus variaciones pueden inhibir fuertemente la actividad de las bacterias (Cepeda; Valencia; 2007).

Un pH entre 5.5 y 8.5 es óptimo a los microorganismos del compost. En las fases tempranas del proceso los ácidos orgánicos excretados por los hongos y bacterias aumentan, hay un crecimiento fúngico y se empieza la degradación de lignina y celulosa. Si el sistema se vuelve anaeróbico la acumulación acida puede bajar el pH hasta 4.5 y limitar la actividad microbiana; en estos casos la aireación es importante para volver el pH hasta sus rangos óptimos (Cepeda; Valencia; 2007).

Así mismo es importante resaltar como se menciona en estudios recientes que la actividad enzimática lipolitica se ve afectada por factores como pH, la temperatura, la composición del medio y la aireación, mostrando mayor afinidad por pHs alcalinos debido a que se presenta una mejor solubilización de los productos de hidrólisis formados (Cepeda; Valencia; 2007).

E. Aireación

Se trata de un proceso aerobio por lo que es importante mantener una aireación adecuada. Para ello, se han de mezclar materiales pastosos con otros que aumentan la porosidad. Los materiales de excesivo tamaño, es conveniente triturarlos previamente para que se descompongan más fácilmente. Una forma de mantener una adecuada aireación durante el compostaje es mediante volteos periódicos o con aireación forzada. El material de los materiales a compostar debe variar entre los 35 y los 75 mm (Cepeda; Valencia; 2007).

Otra forma de oxigenar las pilas de compost son los métodos de aireación directa, ya sea por succión o por presión.

F. Tamaño de la partícula

La actividad microbiana generalmente ocurre en la superficie de las partículas orgánicas. Por consiguiente, el tamaño de la partícula menor, con mayor área de superficie, aumentará la actividad y sucesivamente la proporción de descomposición. Por otro lado

cuando la partícula es demasiado pequeña se unen inhibiendo la circulación de aire en el compost, y por ende el oxígeno disponible para los microorganismos, minimizando su actividad (Cepeda; Valencia; 2007).

Es importante tener en cuenta el tamaño de las partículas, todos los tipos de residuos verdes con excepción del pasto deben ser triturados para optimizar el proceso de degradación ya que esta otorga propiedades como agrandar la superficie para que el microorganismo pueda actuar, reduciendo el material original a un volumen del 30% (Cepeda; Valencia; 2007).

2.3.5 Propiedades físico químicas de los residuos compostables

A. Propiedades físicas

La descomposición es llevada a cabo esencialmente en un ambiente acuoso. Los componentes solubles de los sustratos sólidos y residuos del metabolismo microbiano se difunden a través de una película de humedad sobre el compost sólido, el contenido de humedad óptimo para el compostaje, esta generalmente entre 40 y 60%, es decir, es decir se sitúa en el orden del 15 al 35%. Además es importante mejorar la estructura y estabilidad del suelo, la textura y su permeabilidad ya que regula el balance hídrico del suelo y reduce el riesgo de erosión porque los suelos compactos se sueltan y los arenosos se compactan por la acción de la materia orgánica (Cepeda; Valencia; 2007).

B. Propiedades químicas

La aplicación de residuos orgánicos y desechos de una amplia variedad de actividades humanas a suelos arables ha recibido atención alrededor del mundo por una potencial mejora en la fertilidad del suelo e incremento en el contenido de materia orgánica. Los residuos orgánicos son raramente aplicados al suelo en estado fresco o crudo. Generalmente, ellos son procesados para obtener materia orgánica estabilizada, madura, con producción de sustancias húmicas (Cepeda; Valencia; 2007).

En la materia orgánica procesada, una parte de las sustancias orgánicas es soluble en agua, por esta razón, un impacto inmediato de la aplicación de materiales orgánicos sobre los suelos agrícolas es la liberación de materia orgánica dentro de la solución del suelo (Cepeda; Valencia; 2007).

2.3.6 Importancia de los inoculantes biológicos

Los inoculantes biológicos están clasificados como: bio fertilizantes, bio controladores y acelerantes (Cepeda; Valencia; 2007).

Los bio fertilizantes o abonos biológicos tienen como principio activo microorganismos vivos (bacterias y hongos) que promueven y benefician la nutrición y el crecimiento de las plantas. Desde el punto de vista de una agricultura sostenible, el uso de bio fertilizantes representa una importante alternativa para limitar el uso de abonos químicos, reduciendo su negativo impacto ambiental y económico, y mejorando la productividad de los cultivos enfocado al óptimo crecimiento vegetal permitiendo así un mejor aprovechamiento de los recursos naturales del suelo, por estas razones la producción de bio insumos agrícolas ha cobrado importancia (Cepeda; Valencia; 2007).

Es evidente que un desarrollo exitoso de esta tecnología debe ir ligado a la generación de conocimiento básico que conduzca a una mayor comprensión de los fenómenos asociados al proceso de nutrición vegetal promovidos por los inoculantes (Cepeda; Valencia; 2007).

En la actualidad la implementación de inoculantes termofilicos es una alternativa viable en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. La gran estabilidad que presentan las enzimas de estos microorganismos, frente a temperaturas extremas, garantiza una capacidad de degradación mayor que la obtenida por géneros microbianos mesofilicos. La utilización de inoculantes biológicos a partir de microorganismos mesofilo-termofilos ha traído grandes beneficios en compostaje de residuos domésticos, industriales y hospitalarios (Cepeda; Valencia; 2007).

En estudios recientes en una industria láctea, se realizó una prueba de compostaje de campo, comparando un inoculante comercial con un inoculante que tenía cepas nativas, observando al final del proceso, la eficiencia de las bacterias nativas y la óptima utilización de estas en la degradación de diversos desechos producidos por la industria en estudio (Cepeda; Valencia; 2007).

En diversos proyectos se ha obtenido un rendimiento óptimo a partir de inoculantes correspondiente a la tasa de degradación en cada tipo de residuo a tratar, sin alterar de modo alguno la calidad del producto final; por el contrario se ha logrado la producción de un compost con alto contenido de elementos como nitrógeno, fósforo y potasio, que ayudan a aumentar la viabilidad de los suelos (Cepeda; Valencia; 2007).

A. Microorganismos patógenos

El control sanitario del compost es de vital importancia, este debe ser tratado de manera adecuada debido a que será utilizado como bio fertilizante o nutriente del suelo, ya sea en agricultura orgánica o inorgánica, dando lugar a la contaminación de los productos y/o de las fuentes de agua, por lo que su aplicación descontrolada constituye en peligro para la salud pública y una amenaza para el medio ambiente por la exposición a microorganismos patógenos que esto representa (Cepeda; Valencia; 2007).

Los patógenos son causantes de enfermedades y pueden pertenecer a cualquiera de las clases de microorganismos, bacterias, hongos, virus, rickettsias, protozoos. El diseño de un proceso de compostaje debe tener en cuenta la destrucción de patógenos, ya que la presencia de ellos afecta los cambios normales de temperatura (Cepeda; Valencia; 2007).

A lo largo del proceso de compostaje, se espera una reducción total de los agentes patógenos por acción de diferentes condiciones como pH, temperatura, humedad, sustancias antibióticas, entre otros (Cepeda; Valencia; 2007).

2.3.7 El compost y la fertilización química

Las enmiendas orgánicas son materiales que primeramente modifican las características fisicoquímicas y/o químicas o la actividad biológica, sin tener en cuenta su valor como aporte de nutrientes. Sin embargo, normalmente, las ventajas de su uso derivan de dos factores. Además de ser una fuente completa de nutrientes para las plantas, los fertilizantes orgánicos, principalmente el compost, aportan materia orgánica al suelo, que para suelos arenosos o con arcillas de baja actividad representa una mejora en las propiedades físicas, químicas y biológicas, por su efecto acondicionador (Galindo; Londoño; 2005).

Una característica muy particular del compost, es que los nutrientes, a excepción del K, se encuentran predominantemente en forma orgánica y por lo tanto en forma insoluble, en particular en los residuos sólidos. Por el contrario aquellos presentes en los residuos líquidos están en forma soluble. Por lo tanto para ser absorbidos por las plantas, deben transformarse a la forma inorgánica mediante la descomposición de la materia orgánica o mineralización. Así se produce una lenta liberación de nutrientes para la solución del suelo. Esta es una de las ventajas adicionales de la fertilización con compost (Galindo; Londoño; 2005).

- Menor potencial de salinidad en las semillas, plántulas y materia orgánica.
- Menor potencial de pérdidas de nutrientes por lixiviación.
- Posibilidad de realización de una única fertilización.

2.3.8 Compostaje

El término compost deriva del latín *compositus* y su significado sería «poner junto». Para hacer compost mezclamos varios materiales que permiten iniciar un proceso de descomposición de la materia orgánica que posteriormente dará lugar a un material más o menos estable parecido al humus del suelo y que es un elemento clave para la fertilidad de la tierra. Los términos compost, compostaje o compostar, han pasado a ser habituales

en nuestro lenguaje y abrevian con precisión el concepto de materia orgánica descompuesta.

El compostaje se define como un sistema de tratamiento/estabilización de los residuos orgánicos basado en una actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (presencia asegurada de oxígeno —aerobiosis— y con alguna fase de alta temperatura) en las que se obtiene un producto utilizable como abono, enmienda o sustrato. En condiciones naturales la materia orgánica se puede descomponer y en determinadas condiciones compostar. La diferencia principal es que el compostaje se asume como un proceso artificial, como una biotecnología por el hecho de corresponder a una explotación industrial del potencial de los microorganismos. También puede considerarse una ecotecnología, ya que permite el retorno al suelo de la materia orgánica y de los nutrientes vegetales, introduciéndola de nuevo en los ciclos biológicos.

El compost es mucho más que un fertilizante o un agente saludable para la tierra. Es un símbolo de la continuidad de la vida. El compostaje es un proceso artificial que estabiliza e higieniza un producto en descomposición. El resultado final es un producto de aspecto físico diferente de los materiales que permiten formarlo. Al ser un proceso con aire, oxigenado, no produce mal olor. El hecho de que en alguna fase actúan en microorganismos de tipo termófilo garantiza la eliminación de los organismos patógenos y parásitos que podría haber. Así que elementos que podrían causar epidemias, como es el caso de los excrementos humanos, una vez compostados se convierten en un producto higienizado.

El proceso de compostaje tiene un fundamento simple y versátil, puede aplicarse a muchos tipos de materiales y mezclas, a escalas de trabajo muy distintas y utilizando equipos muy o nada sofisticados.

El compostaje tradicional por excelencia ha sido el estercolero: una pila controlada en la que se mezclaban los excrementos de la granja con los residuos vegetales de los cultivos y los residuos orgánicos de los alimentos.

2.3.9 El compost y su microbiología

Los pastos podados del jardín, hojas caídas y otros restos vegetales son una valiosa fuente de alimentación para las plantas. Sin embargo, para que los nutrientes de estos restos vegetales estén disponibles para la planta después de su proceso de descomposición, es decir promover las reacciones químicas que permitan transformar moléculas complejas y poco asimilables para las plantas en moléculas más simples que puedan ser absorbidas por las raíces de las plantas. Las reacciones químicas para lograr esta transformación tienen lugar gracias a la acción de muchos microorganismos, fundamentalmente bacterias, hongos, microartrópodos y gusanos, los que colonizan los residuos vegetales en un proceso llamado compostaje. El producto resultante es el compost. (E, Morales; 2010)

A. Microbiología del compostaje

El ciclo biológico de nutrientes es indispensable para mantener la vida en el planeta y es mediado por una cantidad de microorganismos. La biotransformación es la modificación biológica que altera la estructura química de la materia orgánica. Durante la biotransformación se pueden sintetizar átomos o moléculas simples en moléculas más complejas, a este proceso se denomina biosíntesis. Si ocurre en sentido contrario, es decir la descomposición de una estructura molecular en sus componentes elementales, el proceso se denomina biodegradación.

El compostaje es el proceso de biodegradación de una mezcla de sustratos orgánicos sólidos por una población microbiana en condiciones aeróbicas. Este es un proceso exotérmico que produce energía en forma de calor, incrementando la temperatura del material en descomposición. El proceso de compostaje tiene como productos finales: dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada. El proceso empieza con la oxidación o descomposición de la porción de la materia orgánica fácilmente degradable. Posteriormente tiene lugar la estabilización, que incluye la mineralización de

moléculas de degradación lenta y otros procesos más complejos como la humificación de los compuestos ligno-celulósicos (E, Morales; 2010).

Desde un punto de vista técnico el proceso de compostaje es interrumpido cuando la materia orgánica sin descomponer todavía constituye más del 50% del material original. De otra manera, el proceso de descomposición podría continuar hasta que todos los componentes orgánicos hayan sido completamente mineralizados. El producto principal se denomina compost, y puede definirse como un producto benéfico para el crecimiento de las plantas, estabilizado un proceso controlado de descomposición de la materia orgánica inicial.

El compost pasa por tres fases: (a) una fase inicial de descomposición rápida, (b) una fase de estabilización y (c) un proceso incompleto de humificación.

Existen tres motivos para la transformación de la materia orgánica fresca en compost : (a) evitar la fitotoxicidad de de la materia orgánica fresca y no-estabilizada, (b) reducir la presencia de microorganismos patógenos para humanos, animales y plantas, y (c) producir un fertilizante orgánico y un estabilizador de suelos a partir de desechos orgánicos y biomasa, que de otra manera contribuirían a una mayor contaminación ambiental.

a) Los sustratos

La descomposición de los materiales orgánicos durante el compostaje sigue las rutas bioquímicas normales en un proceso de degradación. Usualmente, los sustratos son biogénicos, es decir, se originan a partir de la actividad biológica de organismos autótrofos (fotosíntesis) o biomasa de organismos consumidores. Esto quiere decir que esencialmente todos los sustratos para compostaje son restos de plantas, animales y de origen microbiano, aunque con frecuencia predominan los materiales de origen vegetal (E, Morales; 2010).

b) Lignina

La lignina es el componente estructural más importante de las plantas y tiene la tasa más lenta de degradación. El contenido de lignina en restos leñosos varía de 18 a 30%. La lignina es una molécula natural formada por el proceso de polimerización de unidades estructurales o monómeros, que si bien no forman cadenas largas en la molécula de lignina, pero la variedad de enlaces entre monómeros básicos hace que la degradación de estas moléculas sea muy compleja. Con frecuencia, la descomposición de la lignina es de tipo co-metabólico, la liberación de energía producida por la degradación de la lignina es negligible. Los responsables primarios de la descomposición de la lignina son hongos que con frecuencia actúan como patógenos de los tejidos vivos. Los hongos que degradan solamente la lignina pero no actúan contra la celulosa son conocidos también como los hongos de la “pudrición blanca”, como el *Trametes versicolor* o el *Stereum hirsutum*. Hay hongos que degradan la lignina y la celulosa al mismo tiempo, como *Pleurotus ostreatus*.

c) Celulosa

La celulosa es el componente más abundante de los tejidos vegetales, por lo que está casi siempre presente en los residuos vegetales. Las moléculas de celulosa son cadenas de β -D-glucosa con un grado de polimerización de 40000. Su proceso de descomposición en el suelo resulta de la actividad de tres enzimas: (a) Las endo- β -1,4-Glucanasas separan los enlaces β -1,4 dentro de la molécula, formando cadenas largas con extremos libres. (b) Las exo- β -1,4-Glucanasas separan la celobiosa de los extremos libres. (c) Las β -glucosidasas hidrolizan la celobiosa, formando glucosa que es aprovechada por los microorganismos como fuente de energía. (E, Morales; 2010).

Bajo condiciones aeróbicas, muchos hongos, bacterias y mixomicetos están involucrados en la degradación de la celulosa. La acción catalítica (destrucción mecánica de los elementos estructurales más grandes) por parte de la microfauna se considera importante. En general, los hongos son más importantes para la degradación de la celulosa que las bacterias, lo que ocurre especialmente cuando la celulosa está incrustada en la lignina.

Dado que la celulosa es rica en C pero carece en absoluto de N u otros elementos esenciales, la estructura micelial de los hongos constituye una ventaja competitiva. Algunos hongos que participan en la descomposición de la celulosa son: Chaetium, Fusarium y Aspergillus. Entre las bacterias, participa el grupo de los mixomicetos, como Cytophaga, Polyangium y Sorangium. También las Pseudomonas y géneros relacionados participan en la degradación de la celulosa, pero solo algunas especies de actinobacterias están involucradas (E, Morales; 2010).

d) Hemicelulosas

Entre las hemicelulosas el xilano es el componente más abundante y se encuentra en el rastrojo vegetal y los restos leñosos. El xilano está formado por pentosas o hexosas con un grado de polimerización de 30 a 100. Las enzimas que lo degradan son las xilanasas producidas por muchas bacterias y hongos.

La pectina está formada por cadenas de ácido poligalacturónico no ramificadas. Es degradada por la pectinasa, enzima muy común entre hongos y bacterias, entre ellos muchos patógenos vegetales.

El almidón está formado por amilosa y amilopectina. Esta última contiene residuos de fosfatos e iones de Ca y Mg. La degradación del almidón ocurre en dos etapas: la fosforólisis mediada por las fosforilasas y la hidrólisis mediada por la α -amilasa.

e) Mureina

La mureina consiste de cadenas no ramificadas de N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico. El ácido murámico se enlaza a través de los grupos lactil con diferentes aminoácidos. La mureina es el componente principal de la pared celular de la mayoría de las bacterias. (E, Morales; 2010).

f) Quitina

La quitina es menos abundante que la celulosa, aunque ambas moléculas son químicamente similares. La quitina tiene aproximadamente un 7% de N y un radio C/N aproximado de 5, lo que la hace importante para los organismos descomponedores. Muchos hongos, como el *Aspergillus*, y bacterias, como *Flavobacterium*, *Cytophaga* y *Pseudomonas*, son capaces de emplear la quitina como una fuente de N y C. La quitina es degradada por las exoenzimas a N-acetilglucosamina, que luego es transformada en fructuosa-6-P e incorporada en el metabolismo de carbohidratos. La quitina es el principal componente de la pared celular de los hongos y es la sustancia que se encuentra en el exoesqueleto de los insectos y crustáceos.

Cuadro 4. Principales componentes de los materiales orgánicos para compostaje.

COMPUESTOS	COMPOSICIÓN		FUNCIÓN	PROCEDECENCIA			DEGRADABILIDAD
				Planta	Animal	Microorganismo	
Lignina	Derivados del fenil propano		Componente estructural de tejido vegetal	3	0	0	degradado principalmente por hongos, muy resistentes
Celulosa	glucosa (C ₆ H ₁₂ O ₅) Polímeros	Enlace β-1,4	componente estructural de Plantas	3	0	0	Degradado por Hongos, Bacterias y actinobacteria, poco resistente
Almidón		Amilosa enlaces lineales α-1,4; Amilopictina enlaces ramificados	Compuesto de almacenamiento en semillas y raíces	2	0	1	Degradación Fácil, Aérobica y anaeróbica (clostridium)
Glicógeno		Enlace α-1,4 y α-1,6	Componente de los músculos animales	0	1	0	Fácilmente degradables
Laminarin		Enlace β-1,3	Se encuentra en algas marinas	2	0	0	Fácilmente degradables
Paramilon		Enlace β-1,3	Se encuentra en algas	1	0	0	Fácilmente degradables
Dextran		Enlace 1,6	Presente en capsulas de las bacterias	0	0	1	Fácilmente degradables
Agar		Polímeros de galactosa y ácido galacturónico		Se encuentra en algas marinas	2		
Suberina, Quitina	Esteres Polímeros de ácido galacturados		Componente estructural de tejido vegetal	1	0	0	Resistente a la degradación
Hemicelulosas	Xilano	Bajo grado de polimerización de monómeros de azúcares (pentosas y hexosas) y ácidosurónicos generalmente 20 a 100 monómeros	Componente de la pared celular de semillas, pajas madera y algas	3	0	0	Degradabilidad variable, a menudo compuesto integrado a la lignina
	Arabano						
	Manano						
	Galactano						
Pectina	Polímero de Galacturónicos		Componentes de la pared celular y presentes también en el Citoplasma de la semillas, frutos y tejidos jóvenes del tallo	2	0	0	Fácilmente degradables por la mayoría de microorganismos, incluyendo organismos fitopatógenos
Sucrosa	Disacarido de fructosa y glucosa		Partes de las vacuolas	2	0	1	Fácilmente degradables por la mayoría de microorganismos
Lactosa	Disacarido de fructosa y galactosa		Componente de la leche	0	1		Degradable por bacterias

						lácticas
Acido Hialourónico	Polisacarido de ácido glucorónico y N-acetilglucosamina	parte del tejido conjuntivo	0	1	0	Fácilmente degradables
Clorofilas y otros pigmentos		Componente de los plastidios	1	0	0	Fácilmente degradables
Alcaloides Y taminos	Azúcares; α-D- Glucosa	Parte de las vacuolas	1		0	Variable
Grasas y Ceras	Glicerina y ácido grasos	Compuestos de almacenamiento	1	3	1	Variable
Acidos nucleicos		Nucleo, mitocondrias	1		0	Fácilmente degradable
Acidos poli-β-hrídoxi-butirico		Vacuolas, compuestos de almacenamiento	0	0	2	Fácilmente degradable
Mureina	Peptidoglicano	Pared celuar de bacteria	0	0	3	Fácilmente degradable
Quitina	Poli-N-acetilglucosamina	pared celuar de hongos artrópodos	0	2	3	Fácilmente degradable

2.3.10 Microorganismos en compost

A. Bacterias

La importancia de las bacterias libres durante el proceso de compostaje fue largamente ignorada, probablemente debido a la mejor visibilidad de los hongos y actinobacterias. Una temperatura de 50 a 65° C crea una ventaja selectiva para las bacterias en especial para el género *Bacillus*. Cuando las temperaturas exceden los 65° C, *B. stearrowthermophilus* puede empezar a ser predominante. Existe la hipótesis que muchas bacterias anaeróbicas serían comunes en las pilas de compostaje, pero hay muy poca investigación al respecto.

B. Actinobacterias

Las actinobacterias prefieren un medio neutral o ligeramente alcalino, tienen la capacidad de degradar sustratos relativamente complejos. Varias actinobacterias son tolerantes a las temperaturas elevadas e inclusive algunas son termofílicas para un rango de temperaturas de 50 a 60° C. La mayor parte de las actinobacterias se desarrollan bien en un medio con suficiente humedad y provisión de O₂. Estas condiciones generalmente existen en las pilas de compostaje en las que los sustratos más fácilmente degradables, ya fueron consumidos por las bacterias y cuando la temperatura ascendió hasta unos 45° C. a partir de este punto se puede esperar encontrar consorcios de microorganismos con la participación de actinobacterias. Un caso especial es la preparación de compost como sustrato de cultivo de hongos Basidimycetes (setas). En este caso, el crecimiento de las actinobacterias es muy pronunciado y hasta se puede observar a simple vista. El

crecimiento actinobacterial es crítico para el éxito del cultivo de *Agaricus* (champiñón) porque garantiza el reciclaje del amonio, evitando pérdidas de N, que podrían ocurrir cuando el sustrato se calienta más allá del umbral óptimo de los 48° C.

C. El grupo *Thermus/Deinococcus*

Miembros del grupo *Thermus/Deinococcus* viven en sustratos orgánicos con temperaturas de 40 a 80° C, logrando su crecimiento óptimo entre 65 y 75° C. Actualmente se sostiene la hipótesis de que las especies de bacterias del género *Thermus*, que normalmente habitan en sitios geotérmicos, se habrían adaptado a vivir en las composteras y estarían jugando un rol importante en la descomposición de la materia orgánica cuando las temperaturas se incrementan. También se ha logrado aislar en el compost varias bacterias autotróficas muy similares a las especies del género *Hydrogenobacter* que anteriormente se encontraban sólo en sitios geotermales. Estas bacterias no producen esporas y crecen a 60-80° C, con una temperatura óptima entre 70 y 75° C. Estas bacterias obtienen su energía oxidando sulfuros o hidrógeno, y sintetizan su materia orgánica a partir del CO₂.

D. Archae

Se conocen muchas especies termofílicas e hipertermofílicas de Archae. Estos organismos fueron aislados en pilas de compostaje solo en casos excepcionales, pero dado que se ha reportado una formación considerable de metano, se supone que se las podría encontrar aunque en bajas cantidades. La razón de que exista una relativamente baja abundancia de Archae en pilas de compostaje es probablemente su hábito de vida oligotrópico, con periodos largos de reproducción, lo que las haría poco adecuadas a condiciones rápidamente cambiantes del compost.

E. Hongos

Durante la fase inicial, los hongos compiten con las bacterias por los nutrientes disponibles en el sustrato. En vista de que la tasa de incremento máximo específico de las bacterias

excede a la de los hongos, pronto los dominan en número. Además, los hongos precisan una buena aireación del compost, lo que no siempre es posible de lograr. Los hongos exhiben una menor termotolerancia y juegan un rol poco despreciable durante la fase termofílica. Una excepción es el compostaje de sustratos especialmente ricos en celulosa y lignina, donde los hongos prevalecen durante todo el proceso de descomposición. Al finalizar el compostaje, el potencial hídrico disminuye, mejorando las condiciones para el crecimiento de los hongos. La tabla 3 muestra algunos hongos encontrados en el compost.

2.3.11 Balance del carbono y nitrógeno

Durante el compostaje la materia orgánica sigue diferentes patrones de descomposición: mineralización, humificación y degradación parcial. En un proceso bien manejado, cerca del 50% de la materia orgánica se convierte en CO_2 , H_2O , sales minerales y energía; el 20% sufre transformaciones metabólicas complejas que forman sustancias húmicas y el 30% es degradado parcialmente por procesos aeróbicos y anaeróbicos, dando lugar finalmente a moléculas orgánicas menos complejas. Esta última fracción puede variar de 30 a 60%; los factores que afectan esta variación son el sistema de compostaje aplicado, la duración del proceso, el sistema de aireación, la calidad física y química del sustrato, el tamaño de las partículas, la relación C/N del sustrato y el perfil de temperaturas.

Todas las transformaciones microbianas del nitrógeno que ocurren en la naturaleza, también tienen lugar durante el compostaje, aunque en diferentes escalas. En el compostaje, las fases más importantes son la mineralización, nitrificación y asimilación. El nitrógeno asimilado por los microorganismos pasa a formar parte de compuestos orgánicos en las células de los organismos y se constituye en una forma de evitar pérdidas de este nutriente.

La fijación del nitrógeno y la desnitrificación son eventos anaeróbicos que pueden ocurrir en muy pequeña escala durante el compostaje. El contenido total de nitrógeno del material en descomposición se reduce fundamentalmente debido a la volatilización del amonio. Sin

embargo, la relación C/N disminuye durante el compostaje debido a que las pérdidas de carbono, en forma de CO_2 , superan a las pérdidas de nitrógeno.

Los compuestos orgánicos que contienen nitrógeno producen amonio libre al mineralizarse. Si este amonio no es oxidado inmediatamente por las bacterias nitrificadoras, se volatiliza en la atmósfera. También pueden ocurrir pérdidas adicionales de nitrógeno durante el compostaje por el fenómeno de la desnitrificación, proceso microbiano anaeróbico que reduce los nitratos a N_2 . Por esta razón es importante reducir al mínimo los espacios de la pila de compostaje donde podrían crearse condiciones anaeróbicas. Algunas bacterias desnitrificadoras pueden actuar en condiciones termofílicas a 65°C (*Bacillus* sp.) y otras en condiciones mesofílicas (*Pseudomonas*, *Paracoccus*). Todavía se desconoce el impacto e importancia de la oxidación anaeróbica del amonio, lo que podría ser una pregunta relevante para evaluar el potencial de generación de gases de efecto invernadero del compostaje.

Aun cuando ocurren pérdidas de nitrógeno, también se observa una recuperación parcial cuando el material está a punto de concluir el proceso de compostaje, debido a la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico. En la fase mesofílica, se han aislado bacterias como *Azospirillum*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*. La fijación biológica del nitrógeno es inhibida por la presencia de amonio y por las temperaturas elevadas. Por este motivo la actividad de la nitrogenasa es mayor durante las últimas fases de la descomposición.

Durante la primera etapa del compostaje, la nitrificación autotrófica es fuertemente inhibida por las temperaturas altas, el pH y la concentración de amonio. Las bacterias que oxidan el amonio, como *Nitrobacter*, resultan ser las más inhibidas por las condiciones del medio. La nitrificación heterotrófica, operada por bacterias como *Arthrobacter* y *Actinomyces* y eumycetes como *Aspergillus flavus* y *Penicillium*, parece ser menos condicionada por el entorno. Es más, parece que la producción de nitratos en esta etapa inicial se debe casi exclusivamente a la acción de microorganismos nitrificadores heterotróficos. Estos microorganismos nitrificadores heterotróficos y aquellos que asimilan directamente el

amonio para su metabolismo anabólico son los agentes más importantes para reducir los efectos negativos de la volatilización del amonio, como la pérdida de nitrógeno de la masa de compost.

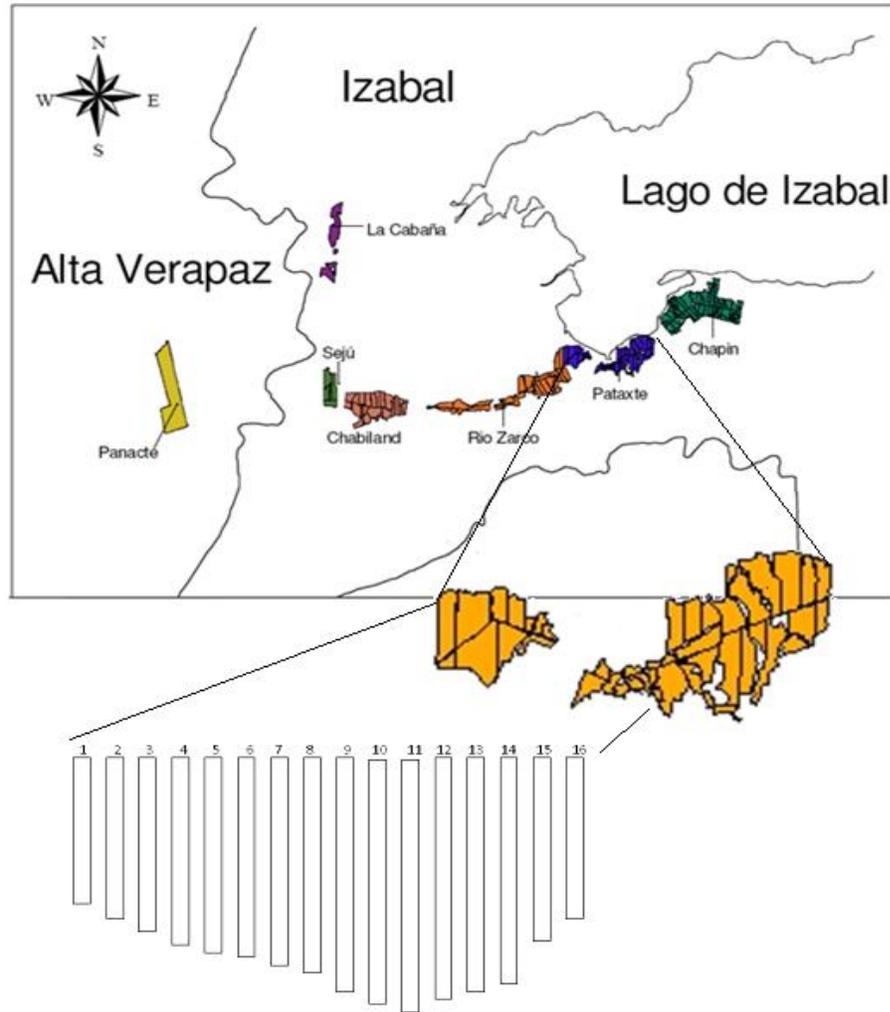
2.4 MARCO REFERENCIAL

INDESA (Inversiones de Desarrollo, S. A.) que hoy en día es conocida como GRASAS Y ACEITES S.A. a partir del 2011, está compuesta por siete fincas siendo estas Chapín, Pataxte, Rio Zarco, Chabiland, Panacte, la cabaña y Seju, dedicadas a la producción de aceite vegetal, así Como al aprovechamiento de otros derivados de la explotación de Palma Africana (*Elaeis guineensis*).

Las fincas Pataxte, Chabiland, Rio Zarco, La cabaña y Seju se encuentran ubicadas en el municipio del Estor, del departamento de Izabal. Con un recorrido desde la ciudad capital hasta las oficinas administrativas de 263 km. La extensión de estas fincas es aproximadamente 3,608 ha (Barrios,H; 2007).

2.4.1 Ubicación geográfica del experimento

El experimento se realizó dentro de los límites de la finca Pataxte ya que es el casco central donde se procesan las infrutescencias y en donde se encuentra la única abonera ubicada en las coordenadas geográficas: $14^{\circ} 21^{\circ} 07^{\circ} \text{ N } 89^{\circ} 20^{\circ} 28^{\circ} \text{ O } 15^{\circ} 23^{\circ} 16^{\circ} \text{ N } 89^{\circ} 16^{\circ} 18^{\circ} \text{ O}$ (figura 1)



Fuente: Departamento de investigación Naturaceites Escala: 1:133,000

Mapa de ubicación de área experimental finca Pataxte.

A. Hipsometría

Según las hojas cartográficas Rió Polochic 2362 II y Mariscos 2362 III a escala 1:50,000 el área de estudio de las fincas presentan altitudes que varían desde 5 a 16 metros sobre el nivel del mar (Farfan, S; 2006).

B. Superficie geográfica

El área de estudio dentro de las fincas, posee una superficie territorial de 6000 Hectáreas brutas y 4720 hectáreas cultivadas con palma.

C. Vías de acceso

La principal carretera que conduce hacia Naturaceites **S.A.** es: CA-9 que conduce hacia la cabecera departamental de Puerto Barrios llegando a la altura del kilómetro 218 Al cruce trincheras, desviándose hacia la izquierda camino a la aldea Mariscos; Luego 45 kilómetros de terracería hacia la finca Pataxte, ubicada en el kilómetro 263 el casco de la finca (Farfan, S; 2006).

D. Suelos

Se indica que los suelos de la zona corresponden a la serie de suelos INCA. Son suelos Aluviales profundos, mal drenados, que están desarrollados en un clima cálido y húmedo. Ocupan relieves planos a elevaciones bajas en el este de Guatemala. Se asemejan a los suelos del Polochic que se encuentran en el valle del mismo nombre, pero estos son calcáreos y menos micáceos que los Inca. La vegetación natural consiste de un bosque alto con maleza baja y densa (Farfan, S; 2006).

E. Precipitación

La precipitación pluvial varía entre 2500 a 3000 mm. Como promedio total. La biotemperatura media anual para esta zona varía entre 21°C – 25°C según la estación meteorológica de la empresa INDESA.

F. Temperatura y velocidad del viento

La temperatura mínima anual de la zona en la que se encuentra la finca el chapín 20.7 °C y la máxima anual es 33.1 °C. Y la velocidad del viento es 2.0 Km./ H según (INSIVUMEH).

G. Zona de vida

De acuerdo al sistema Holdridge clasifica la zona de vida bmh- S(c) como bosque muy húmedo subtropical (calido). Perteneciendo a las fincas ubicadas en El Estor, Izabal. (INAFOR)

H. Uso actual de la tierra

Actualmente el uso de la tierra es para producción de aceite de palma y palmiste la coordinación de dicha producción es realizada por la empresa Naturaceites y a sus alrededores se encuentra bosque.

2.5 Hipótesis

La inoculación de los microorganismos caracterizados presentara una disminución significativa en el tiempo de descomposición del raquis de palma aceitera.

2.6 Objetivos

2.6.1 General

- Caracterizar a nivel de reconocimiento los microorganismos que se encuentran en las diferentes etapas del proceso de compostaje de raquis de palma aceitera en la finca Pataxte, el Estor Izabal.

2.6.2 Específicos

- Describir en que etapa del compostaje se presenta mayor cantidad de hongos y bacterias.
- Realizar caldos de bacterianos con las cepas encontradas en la etapa mesófila.

2.7 METODOLOGÍA

La investigación fue realizada en la finca Pataxte, la cual está ubicada en El Estor Izabal es administrada por la empresa Naturaceites que se dedica a la extracción de aceite de Palma, este proceso produce grandes cantidades de residuos biodegradables, los cuales al no ser utilizados para la fabricación de compost, son una fuente de contaminación para el medio ambiente. Es por eso que Naturaceites **S.A.**, destino un área específica para la manipulación de los residuos, llamada compostera; allí se dio inicio a la investigación, sobre la caracterización de los microorganismos que se encuentran en las diferentes etapas de descomposición

2.7.1 Toma de muestras

Se tomaron 5 sub-muestras, las que fueron extraídas de camas en proceso de compostaje normal, de un tamaño de 2.5 m de base x 1.5 m de altura x 200 m de largo, hasta completar un total de 75 a 90 toneladas por cama, composición es totalmente raquis de palma aceitera.

El primer muestreo se realizó a los 18 días de descomposición (etapa mesófila); la segunda extracción se realizó a los 37 días, (etapa Termófila) y una tercera a los 55 días, (etapa post-termófila o de enfriamiento). La temperatura se tomo, mediante la utilización de un termómetro, con una sonda de 120 mm de largo, y receptor digital de datos Se registraron 5 valores de temperatura en cada fecha de muestreo.

Al inicio del proceso de compostaje se tomaron muestras para obtener microorganismos mesófilicos, estos se encuentran a temperaturas de 22 °C a 45 °C, Cuando la temperatura supero los 70°C, se realizó el muestreo para el aislamiento de bacterias y actinomicetos termófilos. En el caso de los hongos mesófilos pos-termofílicos, el muestreo se realizó una vez la temperatura descendió a lo 37°C (Galindo L; 2005).

Cada sub-muestra se evaluó de forma individual. Para ello se retiró el material superficial de cada cama, para evitar el efecto borde; se tomaron 5 sub-muestras a diferentes alturas y distancias con un tubo de PVC de 70 cms de largo x 3" de diámetro, se mezclaron y se obtuvo la muestra compuesta que pesaba aproximadamente 500 grs (Universidad de los Andes 2003).

2.7.2 Transporte de muestras a laboratorio

Para el transporte y conservación, fue necesario empacar las muestras en bolsas plásticas, luego en bolsas de papel Kraft, las que fueron debidamente identificadas, y luego llevarlas de forma inmediata al laboratorio para mantener la temperatura de la etapa en la que fueron tomadas las muestras. Se almacenaron en un horno de incubación para mantener la temperatura. Seguido, fueron procesadas y se inicio la etapa de caracterización e identificación de hongos y bacterias.

2.7.3 Aislamiento primario

A partir de 500 g de muestra compuesta homogenizada (5 sub-muestras), se tomaron 100 gramos y se realizaron diluciones en 900 ml de agua peptonada, donde se obtuvo una solución al 10% de compost y un 90% de agua peptonada. Posteriormente se realizaron diluciones seriadas de 10^{-1} a 10^{-5} , luego cada una de las diluciones fue inoculada en medios de PDA.

Para el aislamiento de actinomicetos y bacterias filamentosas, se realizó un aislamiento en medios de cultivo de papa dextrosa (PDA) y nutritivo. Una vez aisladas las colonias

microbianas en cada uno de los medios, se realizaron siembras sucesivas para purificar cada colonia. (Galindo L;2005).

Cada uno de los medios fue inoculado a la temperatura necesaria (35 y 60 °C), para el desarrollo de los microorganismos durante 48 horas, donde se observó la formación de colonias bacterianas o micelios, según fue el tipo de microorganismos.

Se realizaron dos tipos de siembras en los medios de cultivo; siembra localizada con ayuda de un asa y siembra dispersa con balines de acero inoxidable, esto para evitar la contaminación.

2.7.4 Caracterización macro y microscópica

Para la identificación macroscópica se tomaron en cuenta características tales como: color, textura, tamaño, elevación y forma de halos de hidrólisis en los diferentes microorganismos. Para la caracterización microscópica se realizaron montajes de cada una de las colonias seleccionadas, adicionalmente, tinciones de Gram y azul de Lactofenol, para evidenciar morfología celular de bacterias y hongos respectivamente (Galindo L; 2005). En la descripción se utilizaron manuales de caracterización de hongos y bacterias.

2.7.5 Aislamiento secundario o selección

Esta selección se realizó, de acuerdo a las características micro y macroscópicas de las colonias que se formaron en cada uno de los medios, además de considerar el diámetro de hidrólisis dependiendo del medio y de la actividad enzimática.

2.7.6 Prueba de antagonismo

La prueba de antagonismo se realizó para evaluar la compatibilidad de los diferentes microorganismos identificados en las pruebas de aislamiento.

Todas las cepas de bacterianas termófilas fueron sembradas individualmente en dos diferentes tipos de agar: agar nutritivo y agar de PDA, tomándose lecturas durante 48 horas a 65°C. A partir de estos repiques, fueron realizadas suspensiones de agua peptonada al 1% (p/v) de cada una de las cepas, hasta obtener una concentración de 10^2 (Alfaro y Pinzón 2001).

Las pruebas de antagonismo se realizaron por la técnica de pozos, en la que se enfrentaron cuatro microorganismos, contenidos en anillos plásticos, contra uno masivamente sembrado, hasta enfrentarlos a todos entre sí. Estas pruebas se llevaron a cabo por triplicados y en agar. Finalmente el efecto de antagonismo se evaluó mediante el diámetro de los halos de inhibición en milímetros. (Alfaro y Pinzón 2001).

2.7.7 Proceso de fermentación

A. Organismos termófilos

El proceso de fermentación para bacterias, se llevo a cabo, en un caldo de compost con pH 7.0 ± 0.2 , este proceso se realizó por duplicados en recipientes plásticos de un galón, a los cuales se les perforo un agujeró en la tapa, para introducirles una manguera de 2.5 mm de diámetro, para la respiración y aeración de las bacteria. Se tomaron lecturas cada 2, 4 y 8 horas, hasta que cada uno de los caldos llego a su punto máximo de saturación e inicio su descenso en UFC/ml de (Galindo L; 2005).

a) Parámetros a analizar

Cuadro 5. Estadística descriptiva

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA					
Hongos	Forma del micelio	Color del micelio	Tamaño de micelio	Estructura	Ciclo de desarrollo
Bacteria	Forma del halo	Color de halo	Tinción de gram	Estructura	Ciclo de desarrollo

Cuadro 6. Lecturas para multiplicación de bacterias.

PARAMETROS							
Hora		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Humedad	%						
Temperatura	Grados °C						
pH	Peachimetro						

2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.8.1 Manejo de muestras

Se evaluó una muestra compuesta por 5 sub-muestras de una pila de compostaje de raquis de palma (*Elaeisguineensis*), la pila tiene 18 días de proceso. Se realizaron lecturas de peso, pH y temperatura de las Sub-muestras y se saco un promedio. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Lectura de muestras.

PRIMER TOMA DE MUESTRAS			
Cama 9			
Numero sub muestra	Peso en gramos	Temperatura °C	pH
1	135.5	37	6.5
2	75	35	6.3
3	115.2	40	6.7
4	92	38	6.5
5	55	39	6.4
Peso total	472.7	37.8	6.44

La presencia de los microorganismos en la etapa mesófila, fueron evidenciados con la aparición de micelios, en cajas petrit inoculadas con diluciones seriadas de 10^{-1} a 10^{-5} , dando como resultado que: la dilución seriada de 10^{-1} a 10^{-2} , la densidad de los microorganismos era muy alta, ya que no permitía diferenciar los distintos tipos de micelios presentes; a diferencia de las diluciones de 10^{-4} a 10^{-5} la presencia de microorganismos fue menor, pero no se presentaban todos. La dilución 10^{-3} fue la óptima para realizar los aislamientos e iniciar la caracterización de cada uno de los microorganismos (Figura 4).

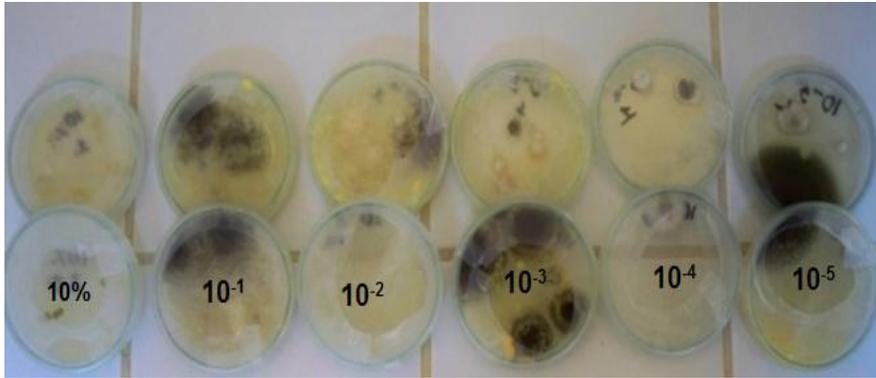


Figura 4. Diluciones seriadas.

En la figura 8 se observan cajas petrit con agar de PDA las que fueron inoculadas en forma masiva por disoluciones seriadas de compost extraído de una pila de compostaje a los 18 días de inicio de proceso de degradación, a las 48 horas después de la inoculación.

Se determino mediante observaciones microscópicas y estereoscópicas, los diferentes tipos de hongos presentes en la etapa mesófila del compost del raquis de palma aceitera, (Anexos h).

2.8.2 Caracterización de microorganismos en etapa mesófila

Según (D, Gaitan 2007) las altas concentraciones de celulosa, es el medio de desarrollo para hongos y bacterias que tiene como función la degradación de la celulosa, los cuales son conocidos como microorganismos celulolíticos.

Los microorganismos encontrados son hongos patógenos, que se encuentran comúnmente en el suelo y en el medio ambiente, se caracterizan por ser degradadores de celulosa en post cosechas.

En la caracterización realizada se pueden observar los distintos tipos de hongos encontrados en la etapa mesófila, estos microorganismos fueron aislados a temperaturas de 28 °Ca 40 °C con un pH de 5.8 a 6.5 según las lecturas realizadas (cuadro 8).

Cuadro 8. Microorganismos.

MICROORGANISMOS	TEMPERATURA	pH
<i>Rhizopus</i>	28 ⁰ C a 40 ⁰ C	6.4
<i>Metarhizium</i>	28 ⁰ C a 40 ⁰ C	6.7
<i>Fusarium</i>	28 ⁰ C a 40 ⁰ C	6.5
<i>Aspergillus</i>	28 ⁰ C a 40 ⁰ C	6.7
<i>Penicillium</i>	28 ⁰ C a 40 ⁰ C	6.7

Datos obtenidos en cada toma y análisis realizado en la etapa mesófila.

2.8.3 Rhizopus

A. Taxonomía

Cuadro 9. Clasificación taxonómica

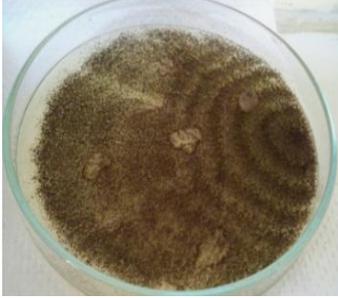
Reino	<u><i>Fungi</i></u>
División	<u><i>Zygomycota</i></u>
Clase	<u><i>Zygomycetes</i></u>
Orden	<u><i>Mucorales</i></u>
Familia	<u><i>Mucoraceae</i></u>
Genero	<u><i>Rhizopus</i></u>

Fuente: Agrios

B. Características macroscópicas

La observación macroscópica se realizó a vista real y a vista estereoscópica dónde se identificaron características morfológicas descritas en el cuadro 10, propias del genero *Rhizopus*.

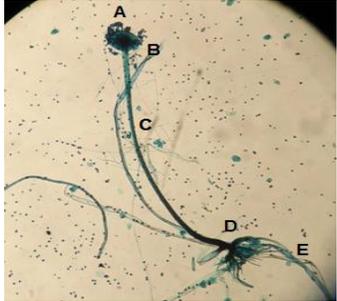
Cuadro 10. Descripción morfológica de *Rhizopus*.

MEDIO	DESCRIPCIÓN DE LA COLONIA	VISTA REAL
Agar papa y dextrosa (PDA)	Micelio de crecimiento en forma de anillos, textura algodonosa, estructuras en forma de sombrilla, con crecimiento vertical pero con menor desarrollo horizontal, de color gris a negro.	

Las características del genero *Rhizopus* fueron evaluadas en medio de cultivos PDA a temperatura ambiente de (30-35 °C). Dicho genero es conocido por su rápido crecimiento sobre superficies con contenidos de humedad medios - altos en alimentos, vegetales, levaduras y materia orgánica, causa pérdidas en la agricultura principalmente etapa post-cosecha, pero en los procesos de degradación es de gran importancia ya que su ciclo de vida es corto pero de alto potencial para degradar celulosa. En el cuadro 11 podemos observar las características microscópicas que presenta este Género en partículas.

C. Características microscópicas

Cuadro 11. Vistas en microscopio de estructuras del género *Rhizopus*.

MEDIO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	VISTA 10X
Agar papa y dextrosa (PDA)	Hifa	Hialinas no septadas.	
	Esporangióforo	En racimos o agrupaciones, hialino, globoso.	
	Columnela	En forma de sombrilla globosa, de color café-gris, esporulación abundante.	
	Esporangio	Liso de color café-gris, forma globosa,	
	Rizoide	Ramificado con raíz	
A. Esporangio, B. Columnela, C. Esporangióforo, D. Hifa o Estolón, E. Hifa Rizoidal			VISTA 40X

Fuente (Ángel, D. 2006)

En el cuadro 11 se observan las estructuras reproductoras del género, lo que permite su fácil identificación ya que presenta rizoide estructura que lo caracteriza.

2.8.4 Matarhizium

A. Taxonomía

Cuadro 12. Clasificación taxonómica

Reino	<u>Fungi</u>
División	<u>Ascomycota</u>
Clase	<u>Sordariomycetes</u>
Orden	<u>Hypocreales</u>
Familia	<u>Clavicipitaceae</u>
Genero	<u>Metarhizium</u>

Fuente: Agrios

B. Características macroscópicas

La observación macroscópica se realizó a vista real y a vista estereoscópica donde se identificaron características morfológicas descritas en el cuadro 11, propias del genero ***Metarhizium***.

Cuadro 13. Descripción morfológica de *Rhizopus sp*

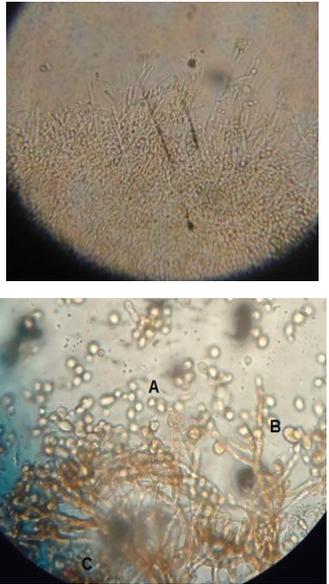
MEDIO	DESCRIPCIÓN DE LA COLONIA	VISTA REAL
Agar papa y dextrosa (PDA)	Micelio de crecimiento regular poco definido, con esporulación abundante, textura algodonosa, de color verde oscuro, con crecimiento horizontal.	

Las características del género ***Metarhizium*** fueron evaluadas en medio de cultivos PDA a temperatura ambiente de (30-35 C°). Dicho género es conocido en la agricultura como un hongo entonopatígeno para el de control biológico, así como su amplio desarrollo sobre casi todo tipo de superficie que contenga un porcentaje de humedad no menor a 10 %.

Pero en los procesos de degradación es de gran importancia por su alto potencial para degradar celulosa. En el cuadro 12 podemos observar las características microscópicas que presenta este Género en partículas.

C. Características microscópicas

Cuadro 14. Vistas en microscopio de estructuras del género *Metarhizium*

MEDIO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	VISTA 40X
Agar papa y dextrosa (PDA)	<i>Conidios</i>	En forma redondea, lisas y agrupadas en cadenas.	
	Fiálides	En forma cilíndrica, al terminar agrupados como cepillos.	
	Conidióforo	Hialino largo unicelular	
	Hifas	Cenocíticas lisas.	
A. Conidio B. conidióforo C Hifas			VISTA 10X

Fuente (Ángel, D. 2006)

2.8.5 Fusarium

2.8.6 Taxonomía

Cuadro 15. Clasificación taxonómica

Reino	<i>Fungi</i>
División	<i>Ascomycota</i>
Clase	<i>Sordariomycetes</i>
Orden	<i>Hypocreales</i>
Familia	<i>Nectriaceae</i>
Genero	<i>Fusarium</i>

Fuente: Agrios

A. Características macroscópicas

Las características descritas en el cuadro 14, se observaron a vista real y con ayuda de un estereoscopio, así se determinó que la colonia pertenece al género ***Fusarium***.

Cuadro 16. Descripción morfológica de *Fusarium*.

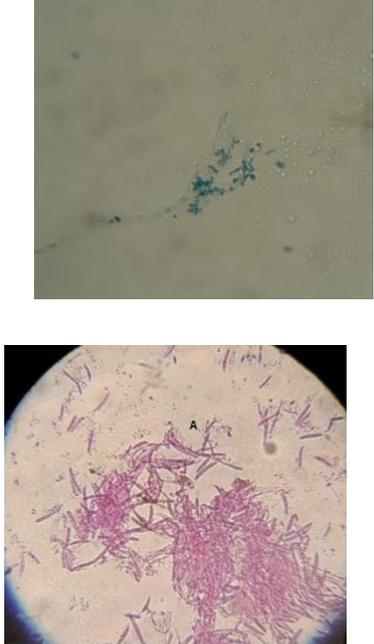
MEDIO	DESCRIPCIÓN DE LA COLONIA	VISTA
Agar papa y dextrosa (PDA)	Colonias de crecimiento rápido, algodonosas, inicialmente blancas pero en las orillas de color rosado, crecimiento horizontal.	

Fusarium es un extenso género de hongos filamentosos de amplia distribución en el suelo y plantas, saprofito de rápido reconocimiento por la forma estructural que presentan los conidios, es un género de saprofitos facultativos con un alto metabolismo degradador de

celulosa y hemicelulosa sobrevive a climas no mayores de 40 C°. El cuadro 12, podemos observar en forma descriptiva cada una de las estructuras presentes en el género.

B. Características microscópicas

Cuadro 17. Vistas en microscopio de estructuras del género *Fusarium*.

MEDIO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	VISTA 40X
Agar papa y dextrosa (PDA)	<i>Hifas</i>	Hialinas ramificadas.	
	Conidióforo	Cortos, simples.	
	Microconidias	Elípticas a cilíndricas abundantes.	
	Macroconidias	Abundantes forma de banano ligeramente curvas.	
A. Hifas hialinas, B. conidióforo vertical simple, C. Métulas ramificadas, D. conidios en cadena en forma de cepillo.			VISTA 10X

Fuente (Ángel, D. 2006)

El género *Fusarium*. Es considerado como un patógeno de amplio espectro y aunque tiene formas articulares especializadas a distintos cultivos, tiene la capacidad de mutar y de volverse patógeno a otros cultivos cuando entran en contacto con ellos. Cambios en las condiciones ecológicas pueden variar la fisiología del hongo incrementando su patogenicidad. Cabe añadir que los estudios que se han hecho en Estados Unidos han sido a nivel de laboratorio y no se puede predecir con exactitud su comportamiento en condiciones naturales en el ecosistema.

2.8.7 Aspergillus

A. Taxonómica

Cuadro 18. Clasificación taxonómica

Reino	<i>Fungi</i>
División	<i>Ascomycota</i>
Clase	<i>Eurotiomycetes</i>
Orden	<i>Eurotiales</i>
Familia	<i>Trichocomaceae</i>
Genero	<i>Aspergillus</i>

Fuente: Agrios

B. Características macroscópicas

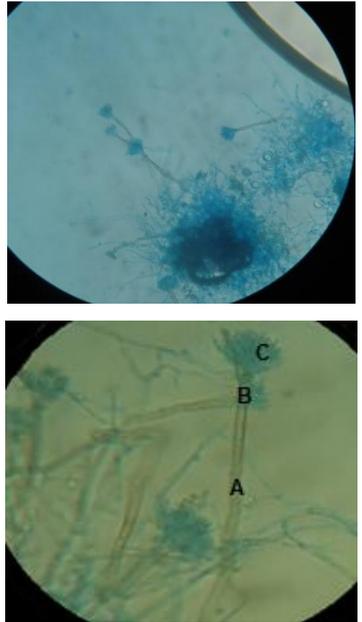
Las características descritas en el cuadro 17, se observaron a vista real y con ayuda de un estereoscopio, así se determino que la colonia pertenece al género ***Aspergillus***.

Cuadro 19. Descripción morfológica de ***Aspergillus***.

MEDIO	DESCRIPCIÓN DE LA COLONIA	VISTA REAL
Agar papa y dextrosa (PDA)	<p>Colonias de crecimiento rápido circular de forma irregular, planas, vellosas, compactas, blancas al comienzo luego de un color verde.</p> <p>A. Anillo inicial color blanco</p> <p>B. Anillo final color blanco</p>	

C. Características microscópicas

Cuadro 20. Vistas en microscopio de estructuras del genero *Aspergillus*

MEDIO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	VISTA 40X
Agar papa y dextrosa (PDA)	Hifas	Septadas, hialinas	
	Conidióforo	Largos de pared lisa sin ramificaciones	
	Vesícula	Terminada en forma globosa, grande terminada en forma semiesférica	
	Conidios	Ramificados, semi-esféricos, de color verde	
Hifas hialinas, (A) conidióforo vertical simple, (B) vesícula terminada en forma globosa, (C) conidios ramificados.			VISTA 10X

Fuente (Ángel, D. 2006)

El amplio desarrollo de *Aspergillus* se debe a su capacidad para crecer a diferentes temperaturas, sobre substratos con diverso contenido proteínico y la humedad. El rango de temperatura para el crecimiento va desde 0-5°C hasta 35-45°C pero su temperatura óptima se encuentra entre 30-33°C para la mayoría de las especies. El género *Aspergillus* es considerado como hongo fitopatógenos. Por que causa severos daños en la agricultura. En el caso de compostaje es considerado como degradadores de celulosa en la etapa mesófila.

2.8.8 Penicillium

A. Taxonómica

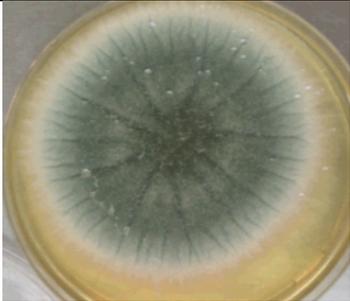
Cuadro 21. Clasificación taxonómica

Reino	<u><i>Fungi</i></u>
División	<u><i>Ascomycota</i></u>
Clase	<u><i>Euscomycetes</i></u>
Orden	<u><i>Eurotiales</i></u>
Familia	<u><i>Trichocomaceae</i></u>
Genero	<i>Penicillium</i>

Fuente: Agrios

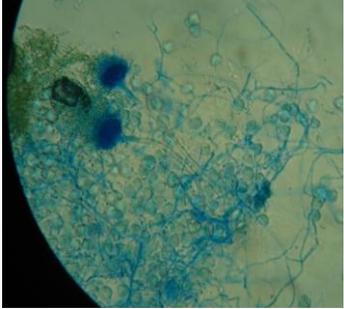
B. Características macroscópicas

Cuadro 22. Descripción morfológica de *Penicillium*.

MEDIO	DESCRIPCIÓN DE LA COLONIA	VISTA
Agar papa y dextrosa (PDA)	Colonias de crecimiento rápido, en forma circular, esponjosas, aterciopeladas, de color verde al centro y en las orilla blanco.	

C. Características microscópicas

Cuadro 23. Vistas en microscopio de estructuras del genero *Penicillium*

MEDIO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	VISTA 40X
Agar papa y dextrosa (PDA)	Hifas	Septadas, forma de escobillón	 
	Conidióforos	Hialinos. Largos y ramificados	
	Métulas	Ramificadas gruesas	
	Fiálides	En forma de botella, al terminar agrupados como cepillos	
	Conidias	Globosas lisa hialinas, semi-esféricos	
A. Hifas hialinas, B. conidióforo vertical simple, C. Métulas ramificadas, D. conidios en cadena en forma de cepillo.			VISTA 10X

Fuente (Ángel, D. 2006)

En la etapa mesófila la presencia de hongos fue la de mayor visibilidad, esto se debe a que el pH del compost es ácido y la temperatura es por lo general no mayor a los 40 C°; lo que propicia un ambiente adecuado para el desarrollo de los mismo.

Los hongos son los microorganismos más estudiados con respecto a la degradación de celulosa y producción de celulosa. Estos organismos son responsables de la mayor proporción de celulosis en la naturaleza, y su capacidad no es solamente como consecuencia de la eficiencia y diversidad de sus sistemas celulítico; sino que también tiene capacidad de adaptarse rápidamente, lo cual se considera una ventaja para ellos; ya que pueden colonizar de inmediato los diferentes sustratos y también tienen una eficiente

remoción de los productos de hidrólisis; estas características los distinguen de los demás organismos como los principales descomponedores de material celulítico.

Los microorganismos encontrados son hongos patógenos que se encuentran comúnmente en el medio ambiente, son característicos de ser degradadores de celulosa, estos mantienen una actividad de degradación que permite la elevación de temperatura dentro del sistema de compostaje.

Como resultado del aislamiento primario en la etapa mesófila, se reconocieron 5 tipos de hongos anamórficos, según sus características morfológicas como se muestra en la (anexo f).

2.8.9 Caracterización de microorganismos etapa termófila

Para el aislamiento de microorganismos en la etapa termófila, se evaluó una muestra, compuesta por 5 sub-muestras de una pila de compostaje de raquis de palma (*Elaeis guineensis*), la pila tiene 42 días de proceso. Se procedió a medir el valor de pH y temperatura de las Sub-muestras, luego se obtuvo un promedio. Los resultados se observan en el (cuadro 24).

Cuadro 24. Lectura de muestras.

LECTURAS DE SUB-MUESTRAS			
CAMA 9	PESO EN GRAMOS	TEMPERATURA C°	pH
NUMERO SUB MUESTRA			
1	105.83	54.8	
2	141.33	57.7	
3	136.3	56.9	
4	107.71	62.7	
5	131.12	68.7	
Peso total	124.458	60.16	

En la (figura 5) se observa una caja petrit con agar de PDA inoculada con una dilución seriada de 10^{-3} donde se la observa la presencia de colonias bacteriana que serán aisladas e identificas.

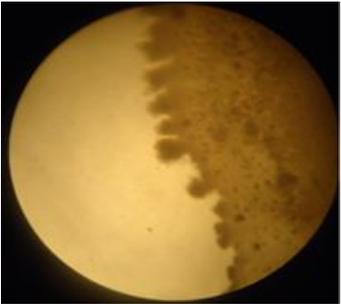


Figura 5. Caracterización macro y microscópica de cepas aisladas.

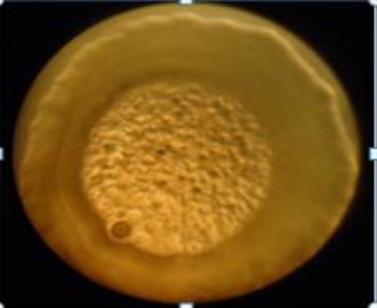
A. Caracterización macroscópica de etapa termófila

A partir de los microorganismos que se desarrollaron, en cada una de las cajas petrit con agar de PDA, se realizaron re-sembrados hasta obtener cepas completamente puras. De acuerdo al aislamiento primario, se identificaron las características morfológicas de cada una de ellas. Las cepas fueron evaluadas en un primer paso, de forma macroscópica. Tomando en cuenta características como color, forma y textura. En el (cuadro 25) se observan las características morfológicas de colonias bacterianas en agar de PDA.

Cuadro 25. Descripción morfológica de colonias bacterianas.

C	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS			
	BORDE	COLOR	DESCRIPCIÓN	VISTA ESTEREOSCÓPICA
1	Irregular	Beige	Colonia lisa, cremosa, con halos aproximadamente de 0.5 μm , superficie plana, de bordes irregulares cortos.	
2	Irregular	Amarilla	Colonia lisa cremosa, de superficie irregular, circular, con bordes irregulares.	
3	Irregular	Blanca	Crecimiento irregular, lisa, cremosa, de bordes irregulares cortos.	
4	Irregular	Rosada	De crecimiento inicial circular pero con bordes irregulares largos, cremosa.	

Continuación cuadro 25 Descripción morfológica de colonias bacterianas

C	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS			
	BORDE	COLOR	DESCRIPCIÓN	VISTA ESTEREOSCÓPICA
5	Regular	Naranja	De crecimiento circular regular lisa, cremosa.	
6	Irregular	Café Claro	De crecimiento circular, con textura con esponjosa y cremosa de bordes regulares.	

La mayoría de las bacterias se multiplican rápidamente y son visibles como colonias, cuando se las siembra en medios de cultivo sólidos adecuados. Requiere una incubación de aproximadamente 24 horas en una atmósfera que favorezca su desarrollo, a temperatura óptima. Una colonia está constituida por una o unas pocas células. Las características de la colonia también dependen de la movilidad de la bacteria. El tamaño puede variar desde 0.5 mm a más grandes como las entero bacterias.

La forma de la colonia puede ser circular irregular o filamentosa (*Bacillus*). Los bordes pueden ser ondulados (característicos de los bacilos largos), en sierra dentadas o lisos (*Escherichiacoli*). La superficie de la colonia también es orientadora y puede ser: plana o convexa. En relación al pigmento que adquieren, éste puede ser: verde (*Bacillus gram negativo*), amarillo (*Cocos Gram positivo*) grisáceo (*Cocos Gram Negativa*). Pueden presentar olores particulares como el frutal como las aeróbicas o el putrefacto de las

anaerobias. Por último hay que destacar la consistencia: mucoide (M), liso (S) o rugoso (R) (Pérez, M. 2008).

En la (cuadro 26) se presenta un resumen de la caracterización macroscópico de seis cepas encontradas en la etapa termófila.

Cuadro 26. Caracterización macroscópica por forma y color

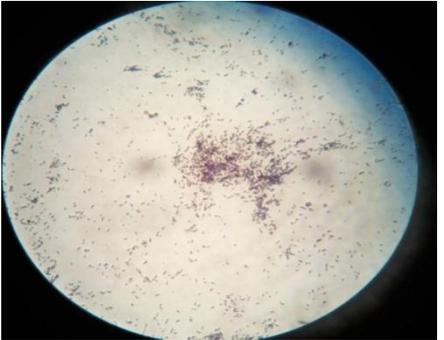
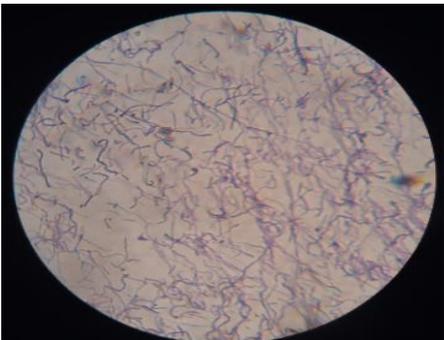
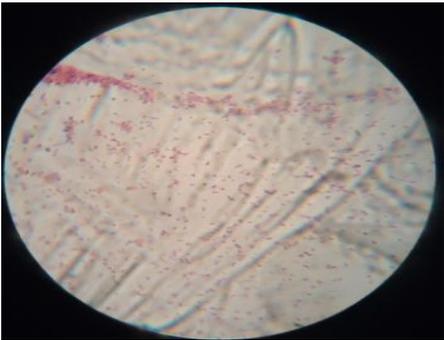
CEPA	Características macroscópicas		
	BORDE	COLOR	
1	Irregular	Beige	
2	Irregular	Amarilla	
3	Irregular	Blanca	
4	Irregular	Rosada	
5	Regular	Naranja	
6	Irregular	Café Claro	

Realizada la pre-clasificación morfológica de cada cepa se procedió a la caracterización microscópica, por su estructura y con tinciones de Gram lo que permitió clasificarlas en dos grande.

B. Caracterización de microorganismos en etapa Termófila

Se realizaron tensiones de Gram para cada una de las cepa en el (cuadro 27) observa la tensión y la estructura de cada una.

Cuadro 27. Caracterización microscópica de bacterias

CEPAS	ESTRUCTURA	GRAM	VISTA MICROSCOPICA 40X
1,3	Bacillos	Positivo	
2	Bacillos Corto	Negativo	
4,5	Bacillos	Negativo	
6	Cocos	Negativo	

En el (cuadro 28) se presenta un resumen de la caracterización microscópico de seis cepas encontradas en la etapa termófila con su clasificación en estructurar y tensión de gran.

Cuadro 28. Caracterización microscópica con tensión de Gram y estructura.

CEPA	Características microscópicas	Características macroscópicas		
	GRAM	BORDE	COLOR	
1	Bacillus Positiva	Irregular	Beige	
2	Bacillus corto N	Irregular	Amarilla	
3	Bacillus Positivo	Irregular	Blanca	
4	Bacillus Negativo	Irregular	Rosada	
5	Bacillus Negativo	Regular	Naranja	
6	Cocos Negativo	Irregular	Café Claro	

2.8.10 Pruebas de antagonismo

Con la finalidad de observar el comportamiento de las cepas aisladas, se planteó la posibilidad de establecer un consorcio microbiano, para lo cual se realizaron pruebas de antagonismo. Las pruebas de antagonismo se realizaron en cajas petrit con agar nutritivo, donde se inoculo de forma masiva la cepa tres, siendo esta cepa la de mejor desarrollo y la de mayor abundancia en los medios de cultivo.

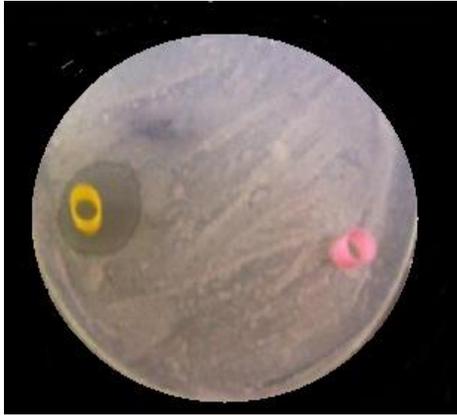


Figura 6. Prueba antagónica de la C2-C6 (izquierda) y de la C3-C5 (derecha).

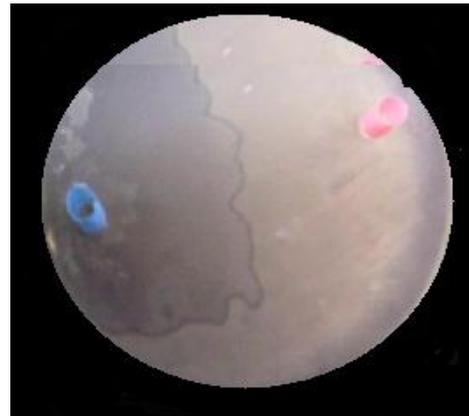


Figura 7. Prueba antagónica de la C4-C2 (izquierda) y de la C5-C4 (derecha).

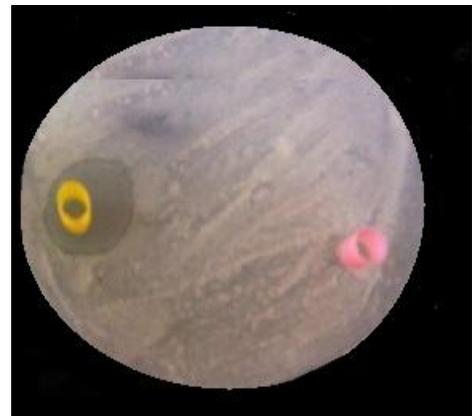
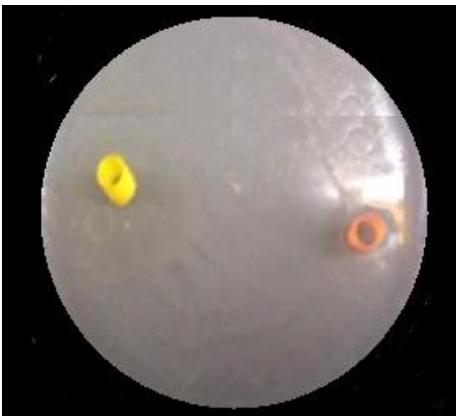


Figura 8. Prueba antagónica de la C6-C3 (izquierda) y de la C6-C5 (derecha).



Figura 9. Prueba antagonística de la C6-C4 (izquierda) y de la C2-C4 y C5 (derecha).

De las 6 cepas termófilas, se observó que la cepa 3 no causó inhibición significativa frente a las C-1, C-2, C-4, C-5 y C-6 (figura, 12 a15). La C-4 creó una inhibición entre la C2, C5 y C6 (figura, 15), a menor escala. Ninguna de las 6 cepas ejerce una inhibición masiva sobre otra esto significa. Según E. Morales, las bacterias degradadoras de celulosa y quitina son bacterias facultativas, es por ello que no existen problemas de antagonismo entre ellas. Como resultado de las pruebas de antagonismo podemos definir que se pueden elaborar caldos microbianos con las 6 cepas.

Cuadro 29. Inhibición en pruebas de antagonismo.

No. CEPA	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	NI	NI	NI	NI	NI	NI
C2	NI	IN	NI	NI	NI	IN
C3	NI	NI	IN	NI	IN	NI
C4	NI	IN	NI	IN	NI	IN
C5	NI	NI	NI	NI	NI	NI
C6	NI	NI	IN	NI	IN	NI
NI= No Inhibición				IN= Inhibición		

2.8.11 Multiplicación de bacterias

Después de haber realizado las pruebas de antagonismo, se procedió a la multiplicación masiva de cepas, en un medio líquido de compost (etapa termófila) para las 6 cepas encontradas. Se tomaron lecturas (cuadro, 30).

La muestra compuesta se manipulo en autoclave para eliminar los microorganismos propios del proceso de compost.

Cuadro 30. Lectura de muestras.

CAMA	4		
SUB-MUESTRA	T. °C	PESO gr	pH
1	44.5	105.83	7.2
2	55.3	141.33	7.4
3	56.1	136.3	7.3
4	60.7	107.71	7
5	58.7	131.12	7.2
T. pro/Σgr	55.06	622.29	7.1

Las lecturas tomadas se realizaron con la ayuda de una cámara de Neubauer, para conteo de unidades formadoras de colonia; las lecturas son presentadas en el (cuadro 31). En que se observa, un incremento de UFC/mL.

Cuadro 31. Lecturas cada 24 horas de multiplicación de cepas.

HORAS DESPUÉS DE LA INOCULACIÓN	C1	C2	C3	C4	C5	C6
24	55	61	71	47	72	90
48	61	59	54	46	73	56
72	53	55	55	71	70	68
96	67	56	74	61	58	74
120	74	51	240	77	196	138
144	74	52	128	96	99	118
168	68	51	123	115	114	118
192	63	41	122	117	117	119
216	75	48	156	71	57	155
240	60	33	126	45	49	173
264	30	25	82	77	23	90
288	33	25	94	82	21	117
312	30	25	101	91	24	139
336	37	22	98	39	50	147
360	32	21	75	41	36	106
384	32	20	79	38	30	84
408	28	22	91	36	25	90
432	24	26	79	35	26	78
Total de UCF/ml	50	38	103	66	63	109

Según los datos que se obtuvieron, el comportamiento de saturación de UFC/mL, para cada una de las cepas (tabla 14), dio como resultado, que la cepa, **C2** con 56 UFC/mL a las 96 horas después de la inoculación. **C1** con 74 UFC/mL, **C3** con 240 UFC/mL y **C5** con 196 UFC/mL, alcanzaron su punto máximo de saturación a las 120 horas después de la inoculación. **C4** con 117 UFC/mL a las 192 horas, **C6** con 172.8 UFC/mL a las 240 horas. Siendo las cepas **C3** y **C5** las de mayor capacidad de reproducción en medio líquido de compost.

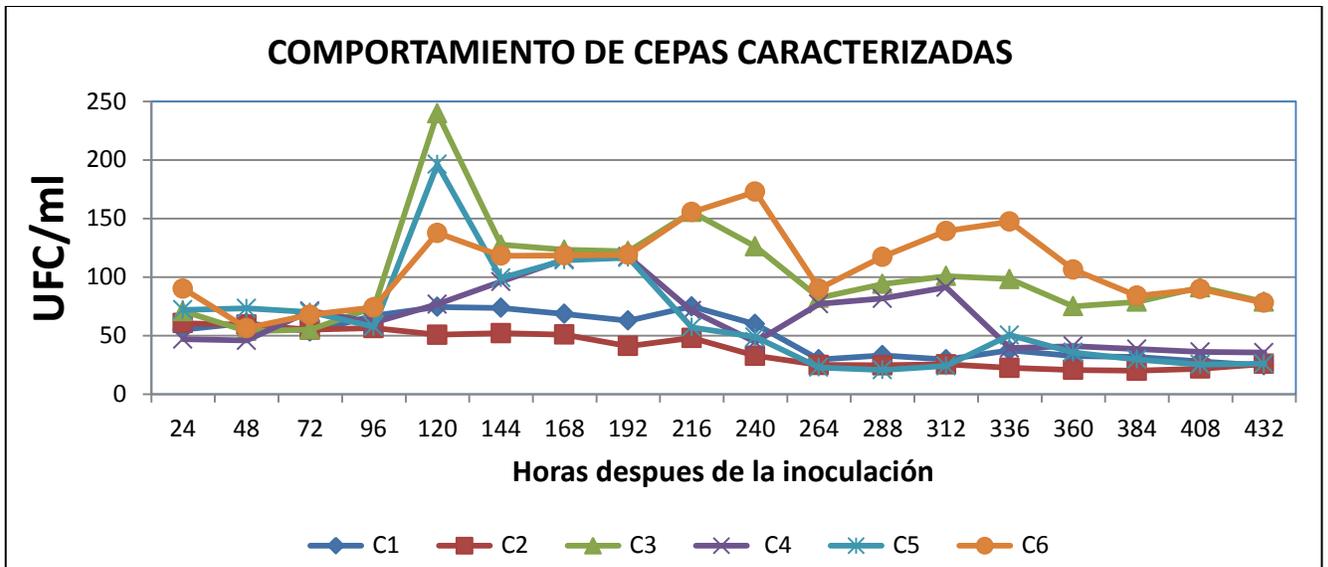


Figura 10. Multiplicación de bacterias.

2.9 Discusión de resultados

La empresa Naturaceites se especializa en el manejo de cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis jacq*) para la extracción de aceites. Para evitar la contaminación del medio ambiente, han desarrollado políticas, las que están enfocadas al aprovechamiento de residuos orgánicos, procedentes de la extracción, así como el cumplimiento de las normas de certificación. El aprovechamiento de este tipo de residuos, se da a través de la fabricación de compost. Es aquí donde radica la importancia de los resultados que se obtuvieron de la investigación, con los datos obtenidos se pretende aumentar el porcentaje de aprovechamiento del raquis.

Este residuo es de tipo orgánico, el cual contiene un 80% de celulosa, y se observa que: desde la primera etapa de compostaje se presentan microorganismos altos en la degradación de la misma.

Al realizar un proceso de compostaje en el cual se tomaron muestras para observación de microorganismos, dicha caracterización dio como resultado que en la etapa mesófila se encontraran 5 géneros de hongos diferentes, en las que se observaron características macroscópicas y microscópicas de cada uno de los hongos, los que se encuentran

generalmente en todo el medio ambiente, estos hongos presentan una alta capacidad de degradación de celulosa.

En condiciones comunes, *Rhizopus*, *Metarhizium*, *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium* son considerados hongos fitopatógenos (enfermedades en las plantas), pero para la fabricación de compost son organismos de suma importancia, son considerados como microorganismos de alta actividad degradadora.

La concentración de los residuos decrece a medida que se incrementa la biomasa microbiana, en el caso de la etapa termófila, el compost de palma dura, con una aproximación de 50 a 55 días, a una temperatura promedio de 71.5 °C, ayuda al incremento de vida microbiana, pero no ayuda a acelerar el proceso de descomposición.

Esto se debe a que influyen varios factores, entre ellos cabe mencionar: el tamaño de la partícula, ya que el raquis es alto en celulosa, pero así también es un material altamente fibroso y eso impide que la ruptura del tejido sea más rápida. A diferencia de una compostera de residuos vegetales, la descomposición de la materia en aproximadamente 4 semanas, tiene una etapa termófila de 12 a 16 días, esto se debe a que el tamaño y composición de la materia son altos en líquidos y bajos en fibra.

En la etapa termófila se identificaron 6 cepas, las que son descritas en la tabla 11. La caracterización macroscópica se realizó con la utilización de un estereoscopio que dio como resultado una pre-clasificación cualitativa. Al obtener las características macroscópicas se procedió a la caracterización microscópica, en la que se pudo observar la estructura de las unidades formadoras de colonias (UFC/ml). Así también se realizaron pruebas de antagonismo donde se pudo observar el comportamiento de las bacterias entre sí.

En las pruebas de antagonismos se obtuvo que la C3 (*Bacillus* negativo) fue la de mayor crecimiento y que no existe antagonismo masivo entre alguna de las cepas.

Como resultado de las pruebas de antagonismo se determino que se puede elaborar un caldo bacteriano para la inoculación del compost.

En referencia a lo anterior, los resultados establecidos (tabla 11), nos muestran, que en el compost de raquis de palma, se logro el asilamiento de 6 cepas, donde 5 de ellas pertenecen al grupo de bacillus y una cepa al grupo de coco. Lo que indica que en la vida microbiana de este compost predomina el género de bacterias bacillus.

En la multiplicación de microorganismos se obtuvo que la cepa C-3 es la que tiene mejor actividad de multiplicación a las 120 horas, llego a su punto de saturación, el cual es de 240 UFM/ml en una solución seriada $10X^{-3}$, esto se mantuvo por 24 horas. La bacteria C-5 fue la segunda en su actividad de multiplicación, aunque en laboratorio, la multiplicación de bacterias es abundante, al momento de llevarlas al campo, esto puede cambiar el comportamiento de multiplicación.

Algunas especies aparecen en la fase termófila y otras se vuelven importantes en la etapa de enfriamiento o maduración, cuando sólo quedan los materiales más resistentes y participan en las últimas etapas de formación del humus.

2.10 Conclusiones

- En la etapa mesófila se encontraron cinco tipos de hongos que son: *Rhizopus*, *Metarhizium*, *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. En la etapa mesófila se encontraron seis cepas de bacterias que se clasifican:

C1: Bacilos Positivo, C2: Bacilos Corto Negativo, C3: Bacilos Positivo
C4: Bacilos Negativo, C5: Bacilos Negativo, C6: Cocos Negativo.

- La cepa 3 es un *Bacillus* Gram Positivo, que es la de mayor presencia y alto potencial de multiplicación

2.11 Recomendaciones

- Continuar con la investigación para lograr una identificación de los microorganismos que se caracterizaron solamente a nivel de reconocimiento.
- El tamaño de la partícula genera aumento del tiempo de compostaje; según estudios realizados en la Universidad Javeriana De Colombia el alto contenido de fibra de los desechos orgánicos limita la ruptura de células, esto ocasiona que sea más lento el proceso de descomposición.

2.12 Bibliografía

1. Alfaro, L; Pinzón, M. 2001. Asilamiento y caracterización de bacteria mesofilas aeróbicas con actividad amilolítica a partir de compost elaborado con residuos de café. Tesis PhD. Bogotá, Colombia, Pregado Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Departamento de Microbiología. 93 p.
2. Ángel, D. 2006. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Industrial. 152 p.
3. Barrios, H. 2007. Manejo del cultivo de palma africana (entrevista). El Estor, Izabal, Guatemala, INDESA (Investigaciones de Desarrollo, S.A.), Administración finca El Pataxte.
4. Beltrán, S; Torrado, Y; Martínez, M; Matiz, A. 2005. Aislamiento de bacterias con actividad fosfato solubilizadora a partir de suelos ácidos del norte de Boyacá y producción de un inóculo mixto en fermentación discontinua (en línea). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Industrial. Consultada 15 mar 2011. Disponible en <http://proyectogestionderesiduos.wordpress.com/2009/12/15/etapas-del-proceso-de-compostaje/>
5. Bobadilla, C; Rincón, S. 2008. Aislamiento y producción de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de compost obtenido de residuos de plaza. Tesis PhD. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Industrial. 97 p.
6. Cañedo, V; Ames, T. 2004. Manual de laboratorio para manejo de hongos entomopatógenos. Lima, Perú, CIP. 62 p.
7. Cepeda, L; Valencia, S. 2007. Aislamiento de bacterias lipolíticas y determinación de patógenos humano *Escherichia coli* y *Salmonella* sp. a partir de residuos orgánicos domiciliarios en compostaje. Tesis PhD. Bogotá, Colombiana, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. 98 p.
8. Cruz, N; Castellanos, S. 2009. Identificación de los microorganismos seleccionados mediante métodos bioquímicos y morfológicos. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Departamento de Agronomía, Grupo de Investigación AGRAS. 105 p.
9. Diaz, L; De Bertoldi, M; Bidlingmaier, W. 2007. Compost science and technology (correspondencia personal). Guatemala, Finca Pataxte.

- Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Departamento de Agronomía, Grupo de Investigación AGRAS. 105 p.
9. Diaz, L; De Bertoldi, M; Bidlingmaier, W. 2007. Compost science and technology (correspondencia personal). Guatemala, Finca Pataxte.
 10. Elias, R; Arcos, S. 1984. Contribución al estudio del control biológico de *Fusarium oxisporum*, *Rhizoctoniasolanii* y *Phytophthora* mediante diferentes especies de *Trichoderma*. Tesis MSc. Biol. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. 76 p.
 11. Farfán, S. 2006. Informe final de diagnóstico, servicios e investigación en las fincas El Chapín, Pataxte, Rio Zarco, Chabiland, Sejú, La Cabaña, en el municipio de El Estor, departamento de Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 124 p.
 12. Fernández, L; Rojas, N. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicados a la remediación de sitios contaminados. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales / Instituto Mexicano del Petróleo / Instituto Nacional de Ecología. 188 p.
 13. Francisco, R. 2008. Prácticas microbiológicas: 2do. Curso. Lic. Farma. Valencia, España, Universidad Miguel Hernández, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 35 p.
 14. Gaitán Bohorquez, DM; Pérez Pérez, LI. 2007. Aislamiento y evaluación de microorganismos celulíticos a partir de residuos vegetales frescos y en compost generado en un cultivo de crisantemo. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Microbiología Industrial. 114 p.
 15. Galindo, L; Londoño, N. 2005. Aislamiento de bacterias termófilas y hongos mesófilos a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos. Tesis PhD. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. 89 p.
 16. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Geográfico, Militar. Esc. 1:600,000.
 17. Morales, E. 2010. Publicación compost y su microbiología, medio ambiente en Bolivia (en línea). Bolivia. Consultado 20 jun 2012. Disponible en

<http://es.scribd.com/doc/59135091/22/Caracteristicas-micro-y-macroscopicas-de-los-hongos>



Ro. Rolando Ferrera

2.13 Anexo

2.13.1 Medios de cultivo

Los microorganismos se cultivan en el laboratorio sobre materiales nutritivos denominados medios. Se dispone de una gran cantidad de medios y la clase que se debe utilizar depende de muchos factores, uno de los cuales es la clase de microorganismo que se va a cultivar. Las bacterias que con mayor frecuencia se estudian son las heterótrofas, y se utilizan medios de cultivo que contienen sustancias tales como azúcares, sales, peptonas, extractos de carne o de levadura, así como amortiguadores (buffer) apropiados. Los hongos pueden crecer en medios de cultivo muy simples, pues no presentan exigencias nutricionales. Para el cultivo de hongos en el laboratorio se han desarrollado una serie de medios similares a los utilizados para las bacterias. Algunos medios de cultivo son naturales como jugos de fruta, infusiones de vegetales o granos de cereales. Otros medios son sintéticos y generalmente están constituidos por carbohidratos, peptonas (producto de la degradación de proteínas) y agar (M. Gaitan 2007).

2.13.2 Tipos de medios de cultivo

a) Preparación de agar de almidón

Peptona.....	10g
NaC.....	5g
Extracto de carne.....	5g
Almidón soluble.....	2g
Agar-agar.....	20g
Agua destilada.....	1000ml

pH final: 7.5 ± 0.2 a 25 °C.

1) Suspender 42 g en 1 litro de agua destilada o desmineralizada.

- 2) Calentar a ebullición para disolver completamente.
- 3) Esterilizar en autoclave por 15 minutos a 15 libras de presión (121 °C).
- 4) Distribuir en la forma deseada.

2.13.3 Preparación agar de dextrosa

1. papa.....	250 gr
2. agar.....	15 gr
3. Dextrosa.....	15gr
4. Agua destilada	1L

Se lavan las patatas sin pelar con agua del grifo y luego se cortan en trozos de menos de 1 cm. de grueso. Las papa se colocan en agua 20 ml durante 30 minutos y luego decantar o filtrar el caldo a través de gasa .Se añade litro de agua destilada. Coloca en otro recipiente donde ha de calentase sin que llegue a hervir,al tiempo que se van añadiendo el agar y la dextrosa, sin dejar en ningún momento de darle vueltas hasta que se disuelvan bien.Para compensar el agua que se va con la evaporación ha de añadirse más, de tal forma que la cantidad resultante sea un litro. Para terminar ha de esterilizarse en autoclave por 15 minutos a 15 libras de presión (121 °C).

b) Preparación agar king (KB)

Ingredientes agar de King

Proteosa peptona (Difco, n3 osidid L46)	20.0g
Glicerol	10.0 g
PO ₄ HK ₂	1.5 g
SO ₄ Mg + H ₂ O	1.5 g
Agar.....	15.0 g
H ₂ O agua destilada.....	1. litro

Disolver los componentes en el agua a excepción del agar y ajustar el pH a 7.0 añadir el agar y glicerol, calentando hasta llega a ebullición para que se disuelva por completo.

Esterilizarse en autoclave por 15 minutos a 15 libras de presión (121 °C). Dejar enfriar y dispersar él en placas.

2.13.4 Preparación de agar nutritivo y caldo nutritivo

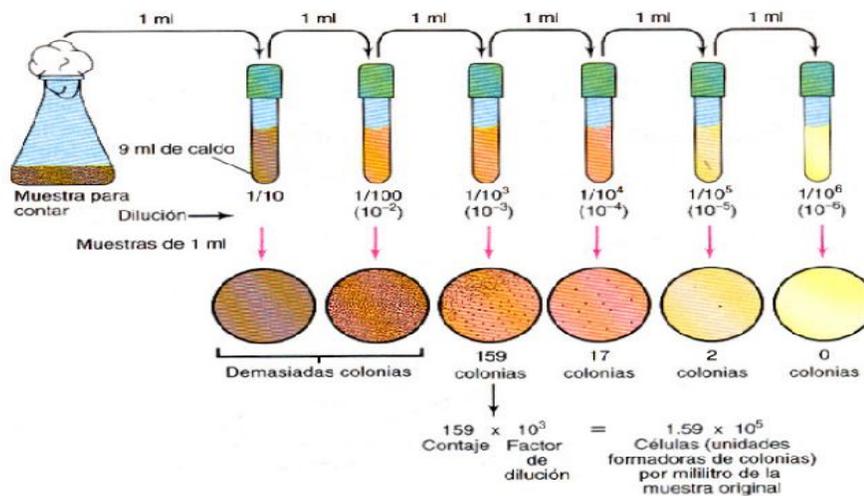
c) Ingredientes agar nutritivo y caldo nutritivo

Extractos de carne.....	1.0 g
Extracto de levadura.....	2.0 g
Peptona de carne.....	5.0 g
CINa.....	5.0 g
Agar	15.0 g
Agua destilada.....	1 litro

Disolver los componentes en el agua a excepción del agar y ajustar el pH a 7.4 añadir el agar calentando hasta llega a ebullición para que se disuelva por completo. Esterilizarse en autoclave por 20 minutos a 15 libras de presión (115 °C). Dejar enfriar y dispersar él en placas. Cuando se desea obtener caldo nutritivo no se incorpora le agar.

2.13.5 Diluciones seriadas

d) Esquema de diluciones seriadas



2.13.6 Características macroscópicas

e) Descripción macroscópica de hongos

Resumen de características macroscópicas de microorganismos encontrados en la etapa mesófila.

Descripción macroscópica de microorganismos

MICROORGANISMO	DESCRIPCIÓN
<i>Rhizopus</i>	Micelio de crecimiento en forma de anillos, textura algodonosa, estructuras en forma de sombrilla, con crecimiento vertical pero con menor desarrollo horizontal, de color gris a negro.
<i>Metarhizium</i>	micelio de crecimiento regular poco definido, con esporulación abundante, textura algodonosa, de color verde oscuro, con crecimiento horizontal.
<i>Fusarium</i>	Colonias de crecimiento rápido, algodonosas, inicialmente blancas pero en las orillas de color rosado, crecimiento horizontal.
<i>Aspergillus</i>	Colonias de crecimiento rápido circular de forma irregular, planas, vellosas, compactas, blancas al comienzo luego de un color verde.
<i>Penicillium</i>	Colonias de crecimiento rápido, en forma circular, esponjosas, aterciopeladas, de color verde al centro y en las orilla blanco.

3 CAPÍTULO III
SERVICIOS REALIZADOS EN EMPRESA
NATURACEITESS.A., FINCA PATAXTE EL ESTOR, IZABAL.

3.1 Presentación

En el presente se describen las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- en la empresa ubicada en El Estor, departamento de Izabal.

Para la realización de estos servicios se contó con el apoyo financiero de la Empresa Naturaceites y el aporte técnico de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Facultad de Agronomía y su Ejercicio Profesional Supervisado (EPSA).

Los servicios que se ejecutaron fueron los siguientes:

- Estimación de producción a través de disecciones de palma (*Elaeis guineensis* Jacq) en finca PATAXTE, El Estor, Izabal.

3.2 ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN REALIZANDO DISECCIONES DE PALMA ADULTA (*Elaeis Guineensis Jacq*) EN FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL.

La palma aceitera es un cultivo de suma importancia en el mundo, puede encontrarse en estado silvestre, semisilvestre y en forma comercialmente cultivada como es en este caso.

De todas las plantas oleaginosas, la palma (*Elaeis guineensis Jacq*) es la que produce mayor rendimiento de aceite por unidad de área, superando al coco u a otras oleaginosas.

El consumo de los derivados de este cultivo es reducido en algunas regiones del mundo debido al desconocimiento de las características del aceite, que es el principal producto obtenido en el proceso de extracción. En la actualidad, existen diversas investigaciones en este campo y se han incrementado las aéreas de siembra debido a que ha logrado demostrar que el aceite de palma es un producto apto y útil para el consumo humano.

En la palma aceitera, las flores masculinas y femeninas se encuentran en Inflorescencias diferentes, a pesar de encontrarse ambas dentro de la misma planta. Además de estar separadas en el espacio y tiempo.

3.2.1 Objetivo

A. General

Estimar la producción de racimos para el próximo ciclo de cosecha.

B. Específico

Determinar el número de inflorescencia femeninas presentes desde el botón foral hasta el momento del corte.

3.2.2 Metodología

Disección se realizó cada 28 al 30 de cada mes.

A. Fase de campo

- Cada mes se selecciono una palma que se encuentre en óptimo estado de producción. (De preferencia las Marcadas para el raleo).
- Identificación y numeración de cada una de las hojas según posición de brote.
- Finaliza la numeración de las hoja se derivar la palma con el uso de moto-sierra.
- Una vez la palma se encuentre en el suelo de inicia la disección.
- Se cortaron las hojas siguiendo el orden según su posición de brote y numeración asignada
- Se observa que tipo de inflorescencia presenta y se anota este proceso se realiza hasta llegar a la hoja numero uno.
- El cogollo es trasladado a laboratorio para seguir con la identificación de las inflorescencias hasta donde sea posible.

B. Fase de gabinete

- Esta fase fue realizó en laboratorio para extraer del botón floral las inflorescencias hasta llegar a la número 0.
- Luego los datos obtenidos fueron utilizados para realizar estimaciones de producción.
- La estimación de fecha de formación de inflorescencia hasta maduración de la misma. Esta se realiza partiendo la última fecha de corte del racimo.

3.2.3 Resultados

En el cuadro 32 se presenta el tipo de inflorescencia y la condición en que fueron encontrados al momento de la disecciones.

Cuadro 32. Clasificación de inflorescencia.

No. Hoja	Inflorescencia	Condición
0	Femenina	Normal
1	Femenina	Normal
2	Femenina	Normal
3	Femenina	Normal
4	Femenina	Normal
5	Femenina	Normal
6	Femenina	Normal
7	Femenina	Normal
8	Femenina	Normal
9	Masculino	Normal
10	Masculino	Normal
11	Femenina	Normal
12	Femenina	Normal
13	Masculino	Normal
14	Femenina	Podrido
15	Femenina	Normal
16	Femenina	Normal
17	Masculino	Normal
18	Masculino	Normal
19	Femenina	Normal
20	Masculino	Normal
21	Masculino	Normal
22	Masculino	Normal
23	Masculino	Normal
24	Nada	Normal
25	Femenina	Normal
26	Masculino	Normal
27	Masculino	Normal
28	Masculino	Normal
29	Femenina	Normal
30	Masculino	Normal
31	Masculino	Normal
32	Masculino	Normal
33	Nada	Normal

Partiendo de la fecha de disección y la posición de cada inflorescencia se realizó las estimaciones partiendo de la fecha de formación hasta fecha de corte (cuadro 33).

Cuadro 33. Fecha de corte y formación de inflorescencia.

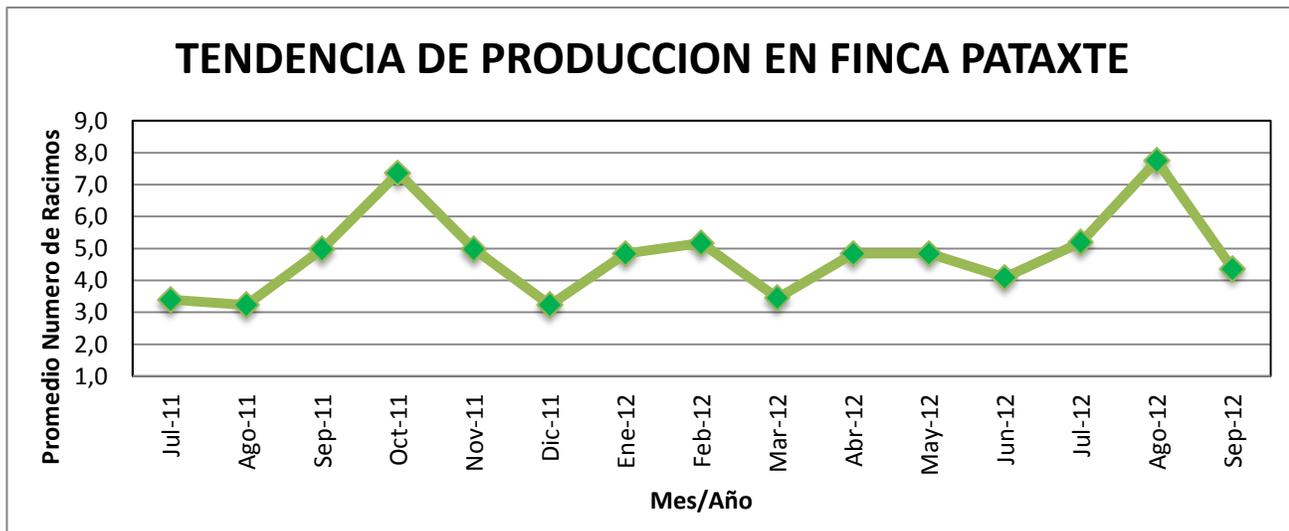
No. Hoja	Inflorescencia	Condición	Fecha Corte	Fecha Formación De Inflorescencia
0	Femenina	Normal	May-12	Abr-10
1	Femenina	Normal	May-12	Abr-10
2	Femenina	Normal	Abr-12	Mar-10
3	Femenina	Normal	Abr-12	Mar-10
4	Femenina	Normal	Mar-12	Feb-10
5	Femenina	Normal	Mar-12	Feb-10
6	Femenina	Normal	Feb-12	Ene-10
7	Femenina	Normal	Feb-12	Ene-10
8	Femenina	Normal	Ene-12	Dic-09
9	Masculino	Normal	Ene-12	Dic-09
10	Masculino	Normal	Dic-11	Nov-09
11	Femenina	Normal	Dic-11	Nov-09
12	Femenina	Normal	Nov-11	Oct-09
13	Masculino	Normal	Nov-11	Oct-09
14	Femenina	Podrido	Oct-11	Sep-09
15	Femenina	Normal	Oct-11	Sep-09
16	Femenina	Normal	Sep-11	Ago-09
17	Masculino	Normal	Sep-11	Ago-09
18	Masculino	Normal	Ago-11	Jul-09
19	Femenina	Normal	Ago-11	Jul-09
20	Masculino	Normal	Jul-11	Jun-09
21	Masculino	Normal	Jul-11	Jun-09
22	Masculino	Normal	Jun-11	May-09
23	Masculino	Normal	Jun-11	May-09
24	Nada	Normal	May-11	Abr-09
25	Femenina	Normal	May-11	Abr-09
26	Masculino	Normal	Abr-11	Mar-09
27	Masculino	Normal	Abr-11	Mar-09
28	Masculino	Normal	Mar-11	Feb-09
29	Femenina	Normal	Mar-11	Feb-09
30	Masculino	Normal	Feb-11	Ene-09
31	Masculino	Normal	Feb-11	Ene-09
32	Masculino	Normal	Ene-11	Dic-08
33	Nada	Normal	Ene-11	Dic-08

Para las estimaciones de producción se tomo en cuenta la fecha de formación, maduración y número de racimos listo para corte por mes.

Cuadro 34. Resumen de racimos de corte por mes.

Mes	Racimos/mes
mar-11	1
abr-11	0
may-11	1
jun-11	0
jul-11	0
ago-11	1
sep-11	1
oct-11	2
nov-11	1
dic-11	1
ene-12	1
feb-12	2

Con los datos obtenidos se procedió a generar la curva de tendencia de producción para la finca Pataxte (figura 11).

**Figura 11.** Proyección de producción.

Se pudo observar en la curva de tendencia de que los meses de mayor producción cada año se encuentran entre Julio Y Septiembre de cada año.

Resumen datos obtenidos en cada disección.

Según los datos obtenidos se realizó el siguiente cuadro de resumen:

Cuadro 35. Resumen de porcentajes de inflorescencias existentes.

Inflorescencia	Condición	Total	Promedio A Dividir	% Viabilidad
Masculina	Normal	16	17	94.12
Masculina	Podrido	1	17	5.88
Inflorescencia	Condición	Total	Promedio A Dividir	%
Femenina	Normal	15	16	93.75
Femenina	Podrido	1	16	6.25
Inflorescencia	Condición	Total	Promedio A Dividir	%
Masculina Y Femenina	Normal	32	33	96.97
Masculina Y Femenina	Podrido	1	33	3.03

3.2.4 Conclusiones

- La palma aceitera es una especie monoica que produce una inflorescencia masculina y otra femenina separadas en tiempo y espacio, lo que evita que se produzca la autofecundación.
- En caso de los datos presentados se observó que la presencia de inflorescencias masculinas y femeninas es alterna, esto asegura que la polinización será de forma cruzada, como resultado de dicha acción se origina la formación de racimos cinco o seis meses después de la antesis.
- Esto nos indica que en el caso de dicha finca la producción de racimos por mes, indicando que en los meses de julio a octubre se da un incremento de producción.

3.2.6 Bibliografías

1. Barrios, H. 2007. Manejo del cultivo de palma africana (entrevista). El Estor, Izabal, Guatemala, INDESA (Investigaciones de Desarrollo, S.A.), Administración finca El Pataxte.
2. Corzo, JM. 2010. Manejo agronómico de palma africana (entrevista). Guatemala, INDESA (Inversiones de Desarrollo, S.A.), Departamento de Investigación.
3. Heraros, A. 2008. Modelo de cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Honduras. Madrid, España, Grupo de Sistemas Agrarios, Departamento de Producción Vegetal, Fitotecnia / Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 242 p.
4. Preciado, C; Bastidas, S; Betancourth, C; Peña, E; Reyes R. 2010. Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia (en línea). Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 8 p. Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/2_Prediccion_II.pdf.



Yo Bo. Rolando Ramos.

3.2.6 Anexos

Numeración de hojas según su posición



Extracción y conteo de inflorescencias por hoja



Número de inflorescencias y frutos formados en estado normal y anormal



3.3 APLICACIÓN DE SILICIO GRANULADO DIRECTO AL SUELO EN EL PANTE 1-9 FINCA PATAXTE.

3.3.1 CAPÍTULO

A nivel mundial las exigencia en el desarrollo de técnicas para el incremento de producción en cosecha a afectado todas la ramas de la agroindustria es por ello que se buscan técnicas para promover el aumento en las cosechas y así aumentar la producción de las materias primas.

La alta exigencia de los productos causa una explotación acelerada de las plantaciones, debido a esta e la causado la perdida de volúmenes de cosecha esto se debe a la baja capacidad de absorción de nutrientes por la constante actividad sobre ellos, se pierden los nutrientes que tienen, y provocan grandes pérdidas en las cosechas. Además de una pérdida económica, las producciones se reducen y escasean los racimos para la producción de aceites de palma. Por tal motivo se utilizan aplicaciones de silicio, para aumentar el rendimiento de las cosechas y conservar los suelos aptos para seguir produciendo a un ritmo acelerado, sin que decaiga el mismo y sin afectar las propiedades nutritivas del suelo.

3.3.2 Justificación

Debido a que el silicio hace más disponibles los nutrientes para las plantas, se sustituirán diferentes porcentajes de fertilizante para probar si la palma absorbe de una manera más eficaz el fertilizante comercial con la presencia del silicio.

3.3.3 Objetivos

A. General

Determinar cuál es la mejor combinación de porcentajes de aplicación de silicio con fertilizante comercial.

B. Especifico

Cuánticas la mejoría en producción con aplicaciones de silicio.

3.3.4 Metodología

Se realizó una prueba con cinco tratamientos más el testigo, con las siguientes combinaciones de silicio-fertilizante (fórmula comercial).

Cuadro 36. Tratamientos.

Tratamiento	% Silicio	% Fertilizante
T0	0	100 %
T1	10 %	90 %
T2	20 %	80 %
T3	30 %	70 %
T4	40 %	60 %
T5	50 %	50 %

- Cada tratamiento está compuesto por cinco repeticiones, lo que da un total de 30 parcelas.
- La aplicación se realizó al momento de aplicación del fertilizante comercial en el pante 1-9.
- Se realizó muestreo de suelo, foliar, raquis y conteo de racimos se realizará cada dos meses, para su análisis.

- Se realizó el registro de peso de la cosecha. Aproximadamente cada 22 días.

Cuadro 37. Parámetros de crecimiento.

PALMA		CENTRO FRUTERO		No. De Racimos	DIAMETRO DEL TRONCO	DIAMETRO DEL TRONCO	TASA DE EMISION DE HOJAS	ALTURA DEL TRONCO	LARGO DEL ENTRENUDO								
PANTE				FECHA			FINCA										
LARGO DE RAQUIS METROS	LARGO DEL PECIOL O METROS	LARGO DE HOJA METROS	NÚMERO DE HOJAS VERDES	ALTURA CENTRIMETROS	ANCHO CENTRIMETROS	NÚMERO DE FOLIOLOS POR HOJA	LARGO DEL FOLIOLO CENTRAL			ANCHO DEL FOLIOLO CENTRAL							
							1	2	3	4	5	6	1	2	4	5	6

Cuadro 38. Boleta para el Conteo de racimos

FECHA	PANTE	PALMA	CENTRO FRUTERO	Hilera	No. De Racimos

El peso de racimos se realizó aproximadamente cada 22 días dependiendo de la cantidad de fruta en el campo y el tiempo de cosecha de cada pan

3.3.5 Resultados

El experimento se realizó en el pante 1-9 de la finca Pataxte.

Se hizo una limitación de parcelas experimentales haciendo una selección de palmas por centro frutero donde se creó un diseño por parcelas de 40 palmas dejando 16 palmas al centro para evitar el efecto borde a la aplicación de silicio. El diseño de la parcela se puede observar en la figura

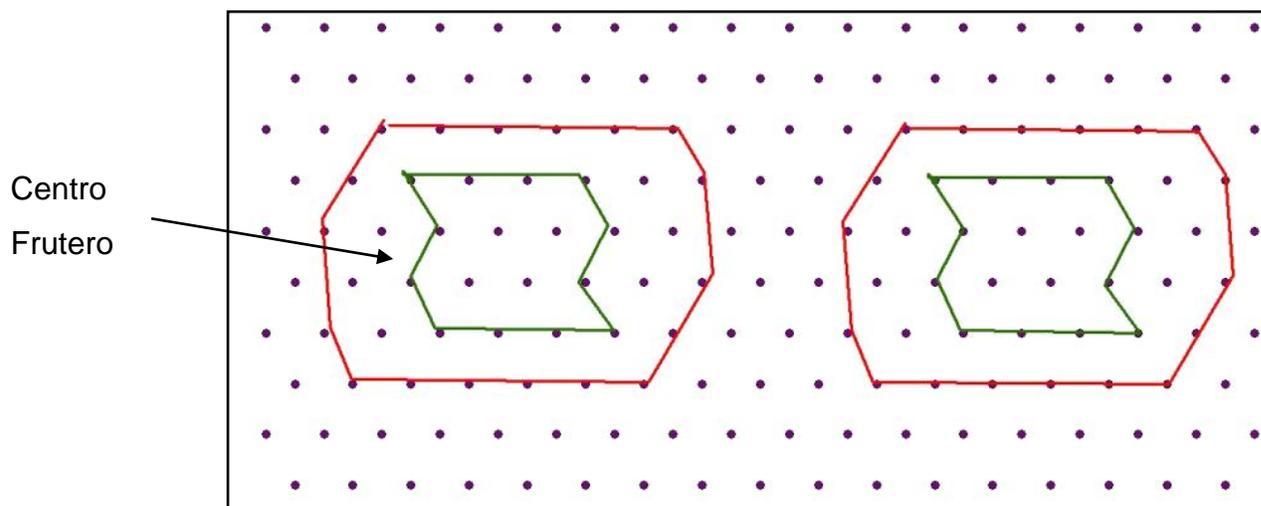
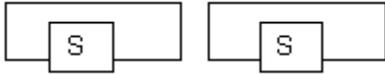


Figura 12. Diseño de la parcela experimental.

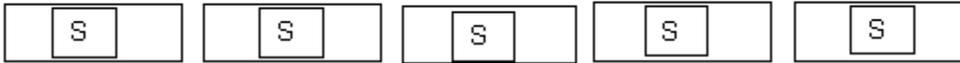
Selección de 30 parcelas experimentales el área experimental inicia del centro frutero 66 al centro frutero 74 del pante 1-9 de finca PATAXTE.

Croquis

C74



C73



C72



C71



C70



C69



C68



C67



C66



Cuadro 39. Primera aplicación de fertilizante + silicio.

DOSIS DE FERTILIZANTES COMERCIAL					
		2000 = 100%		MEDIDAS DE 200	
	Tra.				
Dosis por palma gr	T0	2,000	100%	10	TOTAL DE SACOS
Dosis por palma gr	T1	1800	90%	9	
Dosis por palma gr	T2	1600	80%	8	89
Dosis por palma gr	T3	1400	70%	7	
Dosis por palma gr	T4	1200	60%	6	
Dosis por palma gr	T5	1000	50%	5	
DOSIS DE SILICIO GRANULADO					
	Tra.				
Dosis por palma gr	T0	0	0%	0	TOTAL DE SACOS
Dosis por palma gr	T1	200	10%	1	
Dosis por palma gr	T2	400	20%	2	29
Dosis por palma gr	T3	600	30%	3	
Dosis por palma gr	T4	800	40%	4	
Dosis por palma gr	T5	1000	50%	5	

Cuadro 40. Segunda aplicación de fertilizante + silicio.

DOSIS DE FERTILIZANTES COMERCIAL					
		4500 = 100%		MEDIDAS DE 225	
	Tra.				
Dosis por palma gr	T0	4500	100%	20	TOTAL DE SACOS 96
Dosis por palma gr	T1	4050	90%	18	
Dosis por palma gr	T2	3600	80%	16	
Dosis por palma gr	T3	3150	70%	14	
Dosis por palma gr	T4	2700	60%	12	
Dosis por palma gr	T5	2250	50%	10	
DOSIS DE SILICIO GRANULADO					
	Tra.				
Dosis por palma gr	T0	0	0%	0	TOTAL DE SACOS 19
Dosis por palma gr	T1	450	10%	2	
Dosis por palma gr	T2	900	20%	4	
Dosis por palma gr	T3	1350	30%	6	
Dosis por palma gr	T4	1800	40%	8	
Dosis por palma gr	T5	2250	50%	10	

Cuadro 41. Tercera aplicación de fertilizante + silicio.

DOSIS DE FERTILIZANTES COMERCIAL					
		2000 = 100%		MEDIDAS DE 200	
	Tra.				
Dosis por palma gr	T0	3500	100%	10	TOTAL DE SACOS
Dosis por palma gr	T1	3500	90%	9	
Dosis por palma gr	T2	3500	80%	8	69
Dosis por palma gr	T3	3500	70%	7	
Dosis por palma gr	T4	3500	60%	6	
Dosis por palma gr	T5	3500	50%	5	
DOSIS DE SILICIO GRANULADO					
	Tra.				
Dosis por palma gr	T0	0	0%		TOTAL DE SACOS
Dosis por palma gr	T1	350	70	1	
Dosis por palma gr	T2	700	140	2	18
Dosis por palma gr	T3	1050	210	3	
Dosis por palma gr	T4	1400	280	4	
Dosis por palma gr	T5	1750	350	5	

Cuadro 42.Lectura de parámetro de crecimiento

Año	Mes	IDENTIFICACIÓN	Año de Siembra	Variiedad	Densidad	No. De Racimos	DIAMETRO DEL TRONCO	DIAMETRO DEL TRONCO	ALTURA DEL TRONCO	LARGO DEL ENTRENUDO	Largo de Raquis Metros	Largo del Pecíolo Metros	Largo de Hoja Metros	Número de Hojas Verdes	Altura Centrimetros	Ancho Centrimetros	P x S	Número de Foliolos por Hoja
2011	Marzo	S-1	1999	Kigoma	143	2	2.67	0.85	7.93	0.34	7.16	1.30	8.46	33	5.73	10.03	57.76	395
2011	Marzo	S-2	1999	Kigoma	143	3	2.64	0.84	7.65	0.33	6.99	1.28	8.27	32	5.28	9.59	50.66	391
2011	Marzo	S-3	1999	Kigoma	143	1	2.74	0.87	7.93	0.37	8.19	1.48	9.67	42	7.35	12.85	94.90	395
2011	Marzo	S-4	1999	Kigoma	143	2	2.64	0.84	7.49	0.33	7.15	1.20	8.35	34	5.63	10.62	60.18	400
2011	Marzo	S-5	1999	Kigoma	143	2	2.53	0.80	7.97	0.34	7.58	1.56	9.14	32	5.82	11.43	67.08	380
2011	Marzo	S-6	1999	Kigoma	143		2.73	0.87	7.20	0.35	8.11	1.50	9.61	35	7.23	12.67	93.13	394
2011	Marzo	S-7	1999	Kigoma	143	2	2.81	0.89	7.66	0.37	7.07	1.31	8.38	35	5.31	9.89	52.80	397
2011	Marzo	S-8	1999	Kigoma	143	1	2.66	0.85	8.51	0.36	8.12	1.48	9.60	35	6.67	11.92	79.83	391
2011	Marzo	S-9	1999	Kigoma	143	2	2.61	0.83	7.66	0.36	7.16	1.42	8.59	33	5.66	11.04	63.02	401
2011	Marzo	S-10	1999	Kigoma	143	2	2.61	0.83	7.91	0.34	7.03	1.37	8.40	34	5.22	10.13	53.09	392
2011	Marzo	S-11	1999	Kigoma	143	1	2.60	0.83	8.03	0.37	8.19	1.55	9.75	32	7.18	13.44	97.10	400
2011	Marzo	S-12	1999	Kigoma	143	3	2.84	0.90	7.80	0.35	7.53	1.56	9.10	36	5.85	11.49	67.25	376
2011	Marzo	S-13	1999	Kigoma	143	2	2.63	0.84	7.78	0.34	7.33	1.45	8.78	38	5.61	11.12	62.42	375
2011	Marzo	S-14	1999	Kigoma	143	1	2.67	0.85	7.56	0.35	7.08	1.23	8.31	32	5.51	10.69	59.41	398
2011	Marzo	S-15	1999	Kigoma	143	2	2.50	0.79	7.62	0.36	7.12	1.35	8.47	33	5.31	10.20	54.40	399
2011	Marzo	S-16	1999	Kigoma	143	2	2.51	0.80	8.35	0.37	8.14	1.55	9.69	36	7.35	12.72	94.32	392
2011	Marzo	S-17	1999	Kigoma	143	2	2.67	0.85	7.27	0.46	7.03	1.28	8.32	32	5.26	9.76	51.41	392
2011	Marzo	S-18	1999	Kigoma	143	2	2.77	0.88	8.14	0.34	7.50	1.64	9.13	36	5.77	11.28	65.78	380
2011	Marzo	S-19	1999	Kigoma	143	2	2.71	0.86	7.30	0.36	7.13	1.29	8.42	33	5.63	10.77	61.12	400
2011	Marzo	S-20	1999	Kigoma	143	2	2.51	0.80	7.23	0.36	7.44	1.59	9.02	35	5.58	11.16	62.54	381
2011	Marzo	S-21	1999	Kigoma	143	1	2.82	0.90	7.94	0.37	7.98	1.53	9.51	38	6.02	12.18	73.88	390
2011	Marzo	S-22	1999	Kigoma	143	1	2.80	0.89	7.38	0.36	7.11	1.38	8.49	35	5.43	10.22	55.89	395
2011	Marzo	S-23	1999	Kigoma	143	2	2.60	0.83	7.40	0.36	7.01	1.32	8.32	32	5.33	9.97	53.42	392
2011	Marzo	S-24	1999	Kigoma	143	2	2.50	0.80	7.62	0.36	7.17	1.34	8.51	31	5.58	10.69	60.17	399
2011	Marzo	S-25	1999	Kigoma	143	2	2.44	0.78	7.73	0.36	7.65	1.56	9.21	30	5.73	11.61	66.95	380
2011	Marzo	S-26	1999	Kigoma	143	2	2.59	0.82	7.77	0.35	7.61	1.61	9.22	35	6.11	11.68	71.78	383
2011	Marzo	S-27	1999	Kigoma	143	1	2.64	0.84	7.68	0.36	7.10	1.35	8.45	33	5.44	10.31	56.26	396
2011	Marzo	S-28	1999	Kigoma	143	2	2.63	0.84	7.89	0.36	7.71	1.60	9.31	35	6.18	12.31	76.31	386
2011	Marzo	S-29	1999	Kigoma	143	2	2.60	0.83	7.63	0.36	7.63	1.59	9.22	33	6.38	11.52	73.88	384
2011	Marzo	S-30	1999	Kigoma	143	1	2.38	0.76	7.50	0.36	7.60	1.59	9.19	34	5.61	11.49	64.63	380

Continuación del cuadro 42...

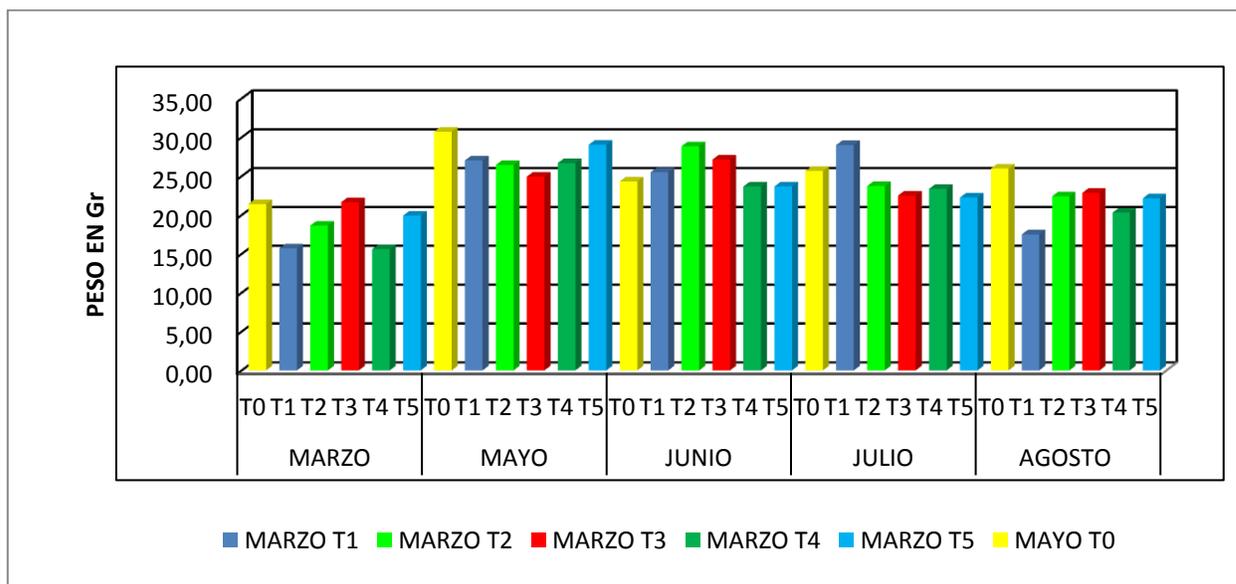
L1	L2	L3	L4	L5	L6	Promedio	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Promedio	Peso Seco Foliar	Area Foliar de una Hoja	Area Foliar por Palma	Indice de Area Foliar	Masa Foliar*Palma	Masa Foliar*Ha
1.35	1.30	1.29	1.28	1.24	1.28	1.29	0.0471	0.047	0.047	0.048	0.048	0.047	0.711	91.732	199.30	6536.31	93.47	3023.78	432401.08
1.26	1.35	1.29	1.35	1.33	1.39	1.33	0.0476	0.049	0.049	0.048	0.049	0.049	0.049	5.389	13.85	447.45	6.40	174.62	24970.23
1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.11	0.0599	0.061	0.060	0.060	0.061	0.061	0.060	9.914	14.60	604.29	8.64	410.97	58768.79
1.34	1.40	1.28	1.28	1.29	1.33	1.32	0.0478	0.049	0.048	0.048	0.048	0.049	0.048	6.363	14.04	480.71	6.87	217.00	31030.67
1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13	1.12	0.0589	0.060	0.059	0.060	0.059	0.060	0.059	7.069	13.91	443.13	6.34	228.91	32734.64
1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.0583	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	9.734	14.11	497.17	7.11	345.74	49441.49
1.30	1.31	1.34	1.29	1.26	1.32	1.30	0.0504	0.048	0.048	0.047	0.048	0.048	0.048	5.607	13.74	480.62	6.87	196.50	28099.17
1.12	1.12	1.12	1.14	1.12	1.13	1.12	0.0576	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	8.372	13.98	498.33	7.13	297.82	42588.02
1.37	1.36	1.37	1.26	1.43	1.24	1.34	0.0483	0.049	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	6.653	14.27	465.96	6.66	216.39	30943.65
1.19	1.11	1.10	1.16	1.11	1.14	1.14	0.0463	0.046	0.046	0.046	0.047	0.046	0.046	5.637	11.39	383.95	5.49	189.42	27086.63
1.14	1.14	1.16	1.14	1.11	1.16	1.14	0.0584	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	10.140	14.76	474.80	6.79	324.42	46392.61
1.12	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	0.0573	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	7.086	13.57	492.52	7.04	258.39	36950.37
1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.09	1.10	0.0576	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	6.592	13.17	501.67	7.17	250.77	35859.65
1.32	1.30	1.30	1.26	1.25	1.26	1.28	0.0469	0.047	0.046	0.046	0.047	0.047	0.047	6.284	13.08	419.32	6.00	200.87	28724.44
1.41	1.38	1.36	1.41	1.38	1.33	1.38	0.0490	0.049	0.048	0.048	0.048	0.049	0.048	5.772	14.71	481.36	6.88	188.89	27011.25
1.11	1.12	1.12	1.12	1.11	1.12	1.12	0.0591	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	9.855	14.32	520.08	7.44	362.59	51850.02
1.10	1.13	1.11	1.12	1.11	1.15	1.12	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	5.465	11.04	356.98	5.10	175.58	25107.64
1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.11	1.10	0.056	0.056	0.056	0.056	0.057	0.057	0.056	6.936	13.06	478.27	6.84	256.04	36613.93
1.32	1.42	1.27	1.26	1.27	1.24	1.30	0.0456	0.045	0.046	0.046	0.045	0.046	0.046	6.459	13.03	430.64	6.16	214.32	30648.14
1.11	1.12	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	0.0557	0.056	0.056	0.057	0.056	0.057	0.056	6.604	13.15	463.00	6.62	233.04	33324.83
1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	0.0592	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	7.764	14.39	555.11	7.94	300.55	42978.15
1.28	1.32	1.24	1.30	1.30	1.25	1.28	0.0487	0.050	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	5.924	13.74	473.79	6.78	205.61	29402.35
1.22	1.26	1.25	1.26	1.20	1.15	1.22	0.0468	0.047	0.046	0.047	0.047	0.047	0.047	5.671	12.31	386.87	5.53	180.48	25808.50
1.37	1.49	1.47	1.45	1.43	1.47	1.45	0.0473	0.049	0.048	0.049	0.048	0.048	0.048	6.361	15.32	477.24	6.82	198.23	28346.63
1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.11	0.0577	0.058	0.059	0.058	0.059	0.059	0.058	7.055	13.60	409.52	5.86	212.67	30411.24
1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	0.0579	0.058	0.058	0.059	0.058	0.058	0.058	7.549	13.70	485.04	6.94	269.05	38474.76
1.38	1.46	1.37	1.41	1.39	1.37	1.40	0.0454	0.046	0.045	0.046	0.046	0.047	0.046	5.962	13.96	461.17	6.59	196.73	28132.06
1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.0578	0.059	0.059	0.059	0.058	0.059	0.058	8.012	13.76	486.49	6.96	283.46	40534.98
1.12	1.13	1.12	1.13	1.13	1.13	1.13	0.0588	0.059	0.060	0.059	0.059	0.060	0.059	7.765	14.12	469.91	6.72	258.23	36926.69
1.10	1.10	1.11	1.10	1.11	1.11	1.10	0.0576	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	6.818	13.45	452.72	6.47	228.24	32638.35

Cuadro 43. Peso promedio de racimos por parcela

PARCELA	PESO MARZO	PESO MAYO	PESO JUNIO	PESO JULIO	PESO AGOSTO	PESO SEPTIEMBRE	PESO OCTUBRE
S1	26.00	29.53	20.00	24.88	28.50	23.86	27.17
S2	24.00	32.89	22.67	26.83	23.54	25.27	23.89
S3	0.00	29.00	24.71	26.31	26.60	32.11	30.00
S4	40.00	35.00	26.60	24.00	25.43	18.00	23.86
S5	17.00	27.17	27.57	26.25	25.77	32.75	25.27
S6	26.00	23.89	24.90	25.67	18.94	29.40	32.11
S7	13.00	30.00	27.00	29.58	31.92	22.50	18.00
S8	8.00	23.86	23.22	23.23	21.83	29.57	32.75
S9	11.00	25.27	32.57	24.20	22.60	25.64	29.40
S10	20.50	32.11	19.80	29.00	17.50	24.33	22.50
S11	19.00	18.00	32.00	35.40	19.11	21.43	27.57
S12	24.00	32.75	30.40	25.75	28.00	27.27	24.90
S13	0.00	29.40	31.40	32.38	27.16	30.40	27.00
S14	28.67	22.50	21.00	0.00	14.57	31.40	23.22
S15	21.50	29.57	29.43	25.08	23.20	21.00	32.57
S16	24.33	25.64	27.14	22.55	18.29	29.43	19.80
S17	16.33	24.33	22.78	24.44	26.00	27.14	32.00
S18	24.00	21.43	27.50	23.00	20.89	22.78	30.40
S19	22.00	27.27	35.00	21.63	26.89	27.50	28.50
S20	21.57	26.00	23.23	20.90	22.19	35.00	23.54
S21	0.00	23.67	27.67	20.89	19.29	23.23	26.60
S22	21.33	32.00	22.00	25.00	20.80	27.67	25.43
S23	21.00	19.75	22.00	22.80	22.08	22.00	25.77
S24	19.00	34.00	24.67	23.20	19.11	22.00	18.94
S25	16.67	24.00	22.00	24.88	20.25	24.33	31.92
S26	15.00	24.00	25.50	21.44	20.53	16.33	21.83
S27	20.00	27.50	28.00	27.00	19.67	24.00	22.60
S28	18.67	30.71	20.67	21.00	22.36	22.00	28.50
S29	22.60	28.50	23.11	20.80	25.25	21.57	23.54
S 30	23.33	34.50	21.00	21.00	22.91	21.33	26.60

Cuadro 44.Resumen mensual.

PESOS DE RACIMOS RESUMEN MENSUAL					
Tratamiento	MES				
	Marzo	Mayo	Junio	Julio	Agosto
T0/ gr.	21.40	30.72	24.31	25.65	25.97
T1/ gr.	15.70	27.03	25.50	29.00	17.50
T2/ gr.	18.63	26.44	28.85	23.72	22.41
T3/ gr.	21.65	24.94	27.13	22.50	22.85
T4/ gr.	15.60	26.68	23.67	23.35	20.31
T5/ gr.	19.92	29.04	23.66	22.25	22.14

**Figura 13.** Gráfica comparativa de pesos de racimos por tratamiento por mes.

3.3.6 Conclusiones

- La aplicación de silicio de forma directa al plato de la palma no produce aumento significativo en el aumento de los parámetros de crecimiento y en peso en racimos esto debido a su lenta absorción en plantas adulta.
- Así también el proceso de producción o ciclo de la misma no presentó cambio alguno ocasionado por la adición de silicio al fertilizante comercial.

3.3.7 Recomendaciones

Debido al comportamiento de silicio en plantas adultas se recomienda que el tratamiento de aplicaciones de realizarse de forma prolongada ya que en los 7 mese de observación no presentó aumentos en parámetros de crecimiento y aumento en peso de racimos de palma.

3.3.8 Bibliografía

1. Acosta, A. 2007. El papel del silicio en el desempeño de palmas con flecha seca en una plantación comercial de palma aceitera en Quepos, Palma Tica, Costa Rica (en línea). Fedepalma 28:389-393. Consultado Consultado 18 set 2012. Disponible en <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/1275/1275>
2. Barrios, H. 2007. Manejo del cultivo de palma africana (entrevista). El Estor, Izabal, Guatemala, INDESA (Investigaciones de Desarrollo, S.A.), Administración finca El Pataxte.



Bo. Rolando Barrios

No. 19.2014

Trabajo de Graduación: "CARACTERIZACIÓN A NIVEL DE RECONOCIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS AISLADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE COMPOSTAJE DE RAQUIS DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESENTADOS EN LA FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Mildred Johana García Cárdenas

Carné: 200518087

"IMPRIMASE"



Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
DECANO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE AGRONOMÍA